

**ВІДГУК**  
**офіційного опонента**  
**доктора технічних наук, професора,**  
**Заслуженого діяча науки і техніки України,**  
**завідувача кафедри охорони праці, цивільної та техногенної безпеки**  
**факультету цивільної інженерії та екології ННІ «Придніпровська**  
**державна академія будівництва та архітектури»**  
**Українського державного університету науки і технологій**  
**БЄЛІКОВА Анатолія Серафимовича**

**на дисертацію КОВБАСИ Вікторії Олегівни**  
**за темою «Запобігання передчасного пожежонебезпечного займання**  
**піротехнічних металізованих сумішей на основі фторопластів»,**  
**подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії**  
**з галузі знань 26 «Цивільна безпека»**  
**за спеціальністю 261 «Пожежна безпека»**

**Актуальність дисертації, зв'язок з науковими програмами**

На сьогодні в Україні набули широкого застосування в піротехнічних виробках різного призначення сучасні ущільнені суміші на основі порошків металевих палих компонентів (Mg, Al, Ti, Zr тощо) у поєднанні з фторопластами (Ф – 3, Ф – 4 та ін.). Зокрема такі суміші застосовують у запалювальних патронах і снарядах в якості твердих палив для ракетних двигунів, а також у складових ракетно-космічної техніки.

Слід зазначити, що протягом останнього часу в Україні та за її межами в інших країнах під час зберігання, транспортування та використання таких виробів спостерігається зростання кількості пожеж і вибухів. Такі інциденти на протязі останніх років мали місце в США в 2025 р., в Індії в 2024 р., в Іспанії в 2024 р., в Таїланді в 2023 р., в Лівані в 2020 р., в Мексиці в 2019 р., в Ізраїлі в 2017 р. Подібні події спричиняють руйнування об'єктів, призводять до численних травм та людських жертв, спричиняють значні матеріальні збитки. При цьому у більшості ситуацій передчасне вибухонебезпечне спрацьовування піротехнічних виробів призводило до катастрофічних наслідків через те, що гасіння зайнятих зарядів таких сумішей є надзвичайно складним. Це пояснюється тим, що їх горіння відбувається за рахунок власного окиснювача без участі кисню навколишнього повітря, а продукти згоряння мають надвисоку температуру.

На основі аналізу цих інцидентів можна дійти висновку, що займанню та подальшому пожежовибухонебезпечному руйнуванню піротехнічних виробів зазвичай передують зовнішні термічні впливи, що виникають при пожежі у складських приміщеннях, під час транспортування в умовах загоряння сусідніх об'єктів, у процесі пострілу чи польоту, а також під час бойових дій, де постійно фіксуються ударні термічні навантаження та локальні зони підвищених температур, спричинені артилерійськими

обстрілами.

Через збройну агресію різко зросла інтенсивність виникнення пожеж та вибухонебезпечних ситуацій, спричинених боєприпасами та іншими піротехнічними виробами. Через війну рівень загрози від вибухонебезпечних предметів стрімко зріс: території масштабно забруднені мінами, касетними боєприпасами, нерозірваними піротехнічними боєприпасами та іншими вибухонебезпечними залишками війни, що не здетонували. Такі предмети становлять особливу небезпеку для цивільного населення, зокрема в умовах інтенсивного нагрівання або різких кліматичних змін, які можуть спричинити їх передчасне спрацювання.

Наведені факти слугують підтвердженням того, що ризики травмування та загибелі людей під час експлуатації піротехнічних виробів із зарядами зазначених сумішей є надзвичайно високими. Комплекс питань, що пов'язані із забезпеченням їх пожежної безпеки під час зовнішніх термічних впливів, не розв'язані і ще потребують системного вирішення.

Зважаючи на викладене, стратегічно важливим є розроблення ефективних способів запобігання вимушених пожежонебезпечних руйнувань таких виробів при дії зовнішніх теплових факторів. Такі способи повинні ґрунтуватися на науково обґрунтованих методах визначення критичних значень параметрів термічних впливів та технологічних параметрів зарядів сумішей, перевищення яких призводить до їх передчасного вибухонебезпечного спрацювання. Це потребує наявності результатів теоретичних та експериментальних досліджень процесів нагрівання оболонок зарядів за різних значень зовнішніх теплових потоків і тривалості їх дії, а також досліджень займання та розвитку горіння сумішей в різних зовнішніх умовах, зокрема при підвищених температурах і тисках.

У цьому зв'язку пріоритетного значення набуває формування наукових положень, що дозволять встановити основні закономірності процесів нагрівання, займання та розвитку горіння ущільнених сумішей порошків металевих пальних і фторопластів. Ці положення ляжуть в основу створення ефективних методів запобігання пожежонебезпечних руйнувань піротехнічних виробів у разі дії зовнішніх теплових впливів, що підсилює актуальність обраного напрямку досліджень.

Дисертацію присвячено вирішенню актуального науково-практичного завдання в галузі пожежної безпеки, яке полягає у розвитку наукового підґрунтя щодо запобігання передчасних пожежонебезпечних займань піротехнічних виробів із зарядами сумішей на основі порошків металевих пальних та фторопластів. Це досягається шляхом встановлення критичних режимів процесів їхнього нагрівання, займання та розвитку горіння, що слугує основою для запобігання виникненню пожежі у випадку зовнішніх термічних дій.

Дисертація підготовлена відповідно до Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2011–2015 роки (розпорядження Кабінету Міністрів України від 29.12.2010 № 2348-р),

згідно з «Угодою про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами», що ратифікована на підставі Закону України № 1678-VII від 16.09.2014; «Стратегією розвитку системи технічного регулювання на період до 2025 року», затвердженою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 22.09.2021 № 1145-р., а також у рамках науково-дослідної роботи, що виконувалася в Черкаському інституті пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України (ДР № 0224U001538), в якій здобувач був виконавцем.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень висновків та рекомендацій, які сформульовано у дисертації, достовірність одержаних результатів**

Обґрунтованість положень, висновків та відповідність темі дисертації обумовлено:

- результатами систематизації, аналізу та узагальнення даних значної кількості сучасних вітчизняних та зарубіжних джерел; відповідністю обраних сучасних фізико-хімічних методів дослідження визначеним меті і завданням роботи; великим обсягом експериментального матеріалу, отриманого із застосуванням стандартного піротехнічного обладнання та сучасних вимірювальних приладів;
- коректним використанням математичного та експериментально-статистичного моделювання процесів нагріву, займання та розвитку горіння зарядів сумішей на основі системи рівнянь тепло- та масообміну, хімічної кінетики, методів регресійного та кореляційного аналізу, а також чисельно-аналітичних методів розв'язання рівнянь з використанням стандартних пакетів програм;
- задовільною кореляцією результатів теоретичних та експериментальних досліджень (відносна похибка не перевищує 8...10 %), а також апробацією та практичним впровадженням отриманих результатів досліджень.

**Наукова новизна отриманих результатів**

Для вирішення важливої науково-технічної задачі в галузі пожежної безпеки, яка полягає у розвитку наукового підґрунтя щодо запобігання передчасних пожежонебезпечних займань піротехнічних виробів із зарядами сумішей на основі порошків металевих палих та фторопластів було отримано наступні наукові результати.

1. Вперше встановлено закономірності впливу технологічних параметрів сумішей (середнього розміру  $d_m$  частинок порошків металевих палих, коефіцієнта надлишку окиснювача  $\alpha$ ) та зовнішнього тиску  $P$  на ключові характеристики процесів займання (температури займання  $T_z$  та часу горіння  $\tau_z$  частинок металевих палих у продуктах розкладу сумішей): зменшення  $d_m$  від 310 мкм до 54 мкм,  $\alpha$  від 1,5 до 0,5 та збільшення



$P$  від  $10^5$  Па до  $10^7$  Па підвищує  $T_z$  у 1,3...1,8 разу; зменшення  $d_m$  від 310 мкм до 54 мкм, збільшення  $\alpha$  від 0,5 до 1,5 та  $P$  від  $10^5$  Па до  $10^7$  Па зменшує  $\tau_z$  у 1,3...2,9 разу;

2. Вперше встановлено залежності швидкості розвитку процесу горіння сумішей від підвищених температур нагріву  $T_0$  та зовнішніх тисків  $P$  для практично використовуваних діапазонів зміни технологічних параметрів їх зарядів (співвідношення компонентів у суміші, дисперсність, коефіцієнт ущільнення, діаметр заряду суміші, матеріал оболонки): підвищення  $T_0$  від 293 К до 873 К та  $P$  від  $10^5$  Па до  $10^7$  Па може збільшувати швидкість горіння у 4...6 разів; при деяких діапазонах параметрів спостерігається також значне зменшення швидкості горіння сумішей (понад у 3...4 рази) та стабілізація процесу, що дозволяє керувати параметрами для запобігання нестійкому та вибухонебезпечному розвитку горіння;

3. Вперше на отриманій базі теоретично-експериментальних досліджень розроблено науково обґрунтований метод визначення критичних діапазонів зміни параметрів зовнішніх теплових впливів (теплових потоків, часів їхньої дії) та технологічних параметрів зарядів сумішей, що дозволяє запобігати передчасному пожежонебезпечному спрацюванню виробів на їх основі в умовах зовнішніх термічних дій.

4. Удосконалено математичні моделі впливу зовнішніх термічних дій на заряди сумішей, які враховують їхню геометричну форму та розміри (плоско-паралельні пластини, прямокутні елементи різної товщини), а також температурні залежності теплофізичних властивостей сумішей (об'ємної теплоємності, коефіцієнта теплопровідності). Це забезпечує точніше визначення критичних параметрів термічних впливів і дозволяє запобігати розвитку пожежонебезпечного стану виробів.

5. Набули подальшого розвитку математична модель процесу горіння двокомпонентних ущільнених сумішей із порошків металевих палив та фторопластів, яка враховує кінетичні характеристики термічного розкладу окиснювачів; закономірності передполум'яного окиснення та горіння частинок металу у продуктах розкладу; термодинамічні розрахунки температури продуктів згорання та вмісту високотемпературного конденсату. Це дозволяє визначати критичні діапазони зміни швидкості горіння сумішей для різних значень технологічних параметрів і зовнішніх термічних впливів, керування якими запобігає вибухонебезпечному розвитку горіння та пожежонебезпечному руйнуванню виробів.

#### **Повнота викладу основних результатів дисертації у наукових фахових виданнях**

Основні положення дисертації опубліковано у 17 наукових працях, серед яких 10 статей опубліковано у наукових фахових виданнях України, 2 статті опубліковано у наукових виданнях, що індексуються в наукометричній базі Scopus, 1 стаття в інших виданнях, що додатково відображає результати дисертації, 4 тези доповідей на міжнародних та

всеукраїнських науково-практичних конференціях.

Грунтовний аналіз публікацій свідчить про достатню повноту висвітлення результатів дисертації, їх наукову обґрунтованість і відповідність темі дисертації. Обсяг друкованих праць та їх кількість відповідають вимогам щодо публікацій основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus:

1. Koziar N., Kyrychenko O., Kovbasa V., Diadiushenko O. Regulations of the Influence of External Thermal Influences on Speed and Explosive Safe Combustion Modes of Pyrotechnic NitrateMetallized Mixtures with Metal Fluoride. *Key Engineering Materials. Fire Safety and Applied Materials*. 2023. Vol. 952. P.155-165. (DOI:10.4028/p-o3twMa).
2. Kyrychenko O., Kovbasa V., Kutsenko M., Shkoliar I. Experimental-Statistical Models for Obtaining a Database on the Ignition Temperatures of Metal Fuel Particles in Gaseous Products of Thermal Decomposition of Fluoroplasts-Based Pyrotechnic Mixtures. *Steel, Alloys, Corrosion Protection and Materials Technologies. Trans Tech Publications Ltd, Switzerland*. 2025. ISSN: 1662-9752. Vol. 1164. P. 145-153. (DOI:10.4028/p-Fmct9Z)

Статті у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України:

3. В. О. Ковбаса. Вплив технологічних параметрів та зовнішніх умов на швидкість розвитку процесу горіння піротехнічних металізованих сумішей на основі фторопластів. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2023. № 2. С. 119–134. (DOI:10.24025/2306-4412.2.2023.278992).
4. Ковбаса В.О., Кириченко О. В., Куценко М.А., Ващенко В. А., Березовський А.І., Школяр Є. В., Мотрічук Р.Б. Дослідження механізму та розробка моделей розвитку процесу горіння двокомпонентних піротехнічних сумішей металевих палив з фторопластами в умовах зовнішніх термічних впливів. *ВІСТІ Донецького гірничого інституту*. Дрогобич: ДВНЗ «ДНТУ». 2025. № 1(56). С. 31-47. (DOI: 10.31474/1999-981X-2025-1-31-46).
5. Козяр Н., Кириченко О., Ковбаса В., Ващенко В., Куценко М., Школяр Є., Ножко І. Визначення процесів займання частинок металевих палив у продуктах розкладання піротехнічних багатокомпонентних нітратно-металізованих сумішей. *Збірник наукових праць Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України «Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація»*, Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ. 2024. Том 8 № 2. С. 44–56. (DOI:10.31731/2524.2636.2024.8.2.44.56)
6. Н. М. Козяр, О. В. Кириченко, В. О. Ковбаса, Є. П. Кириченко,

- В. А. Ващенко, С. О. Колінько, В. В. Цибулін. Закономірності впливу чинників на швидкість розвитку процесу горіння піротехнічних сумішей на основі кисневмісних окиснювачів та металевих палив. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2023. № 1. С. 72–81. (DOI: 10.24025/2306-4412.1.2023.271133).
7. В. О. Ковбаса, О. В. Кириченко, В. А. Ващенко, Є. В. Школяр, М. Г. Томенко, А. А. Хижняк, С. О. Колінько. Експериментально-статистичні моделі для отримання бази даних по швидкостям розвитку процесу горіння піротехнічних сумішей на основі металевих палив, фторопластів та добавок органічних речовин. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*. 2023. Том 7 № 2. С. 119–132. (DOI: 10.31731/2524.2636.2023.7.2.119.132).
8. N. Kozyar, O. Kyrychenko, V. Kovbasa, V. Vaschenko, S. Kolinko, T. Butenko, V. Tsybulin. Combustion model for burning multicomponent pyrotechnic nitrate-metallized mixtures. *Bulletin of Cherkasy State Technological University*. 2023. № 3. С. 69–84. (DOI: 10.24025/2306-4412.3.2023.284319).
9. Н. М. Козяр, О.В. Кириченко, В.О. Ковбаса, О.О. Дядюшенко, В.А. Ващенко, С.О. Колінько. Визначення критичних значень параметрів зовнішніх термічних впливів на піротехнічні вироби на основі нітратно-металевих сумішей в умовах їх зберігання та транспортування. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2023. № 2(16). С. 42–56. (DOI:10.33269/nvcz.2023.2.42-57).
10. О. Kyrychenko, O. Zemlianskyi, R. Motrichuk, Y. Shkoliar, V. Kovbasa. Thermodynamic calculations for determining the temperature of combustion products of pyrotechnic products based on aluminum-magnesium alloy powder. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*. 2023. Том 7 № 1. С. 191–201. (DOI:10.31731/2524.2636.2023.7.1.191.200).
11. Н. Козяр, О. Кириченко, В. Ващенко, Є. Кириченко, В. Ковбаса, С. Колінько, М. Томенко. Запобігання пожежовибухонебезпечним займанням піротехнічних металізованих сумішей з добавками неорганічних речовин. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*. 2022. Том 6 № 2. С. 15–26. (DOI:10.31731/2524.2636.2022.6.2.15-26).
12. Є. П. Кириченко, В. М. Гвоздь, О. В. Кириченко, В. О. Ковбаса, В. А. Ващенко, Т. І. Бутенко. Підвищення стійкості процесу горіння піротехнічних сумішей шляхом введення добавок органічних речовин. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2022. № 3. С. 73–83. (DOI:10.24025/2306-4412.2.2022.263233).

Статті в інших виданнях, що додатково відображають результати дисертації:

13. В. Ковбаса, О. Кириченко, М. Куценко, В. Ващенко, А. Березовський, Є. Школяр, М. Томенко. Керована база даних по часам згоряння частинок металевих палив в продуктах термічного розкладання піротехнічних металізованих сумішей на основі фторопластів. *Збірник наукових праць*



Національного університету Цивільного захисту України «Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація». 2025. Том 9 № 1. С. 76-85. (DOI:10.52363/2524-2636.2025.9.1.7).

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

14. В. Ковбаса, Є. Кириченко, Є. Школяр, А. Хижняк. Аналіз швидкостей горіння піротехнічних сумішей з урахуванням компонентів, таких як металеві пальні, фторопласти та органічні добавки, за допомогою розробки експериментальних статистичних моделей і створення бази даних. *Надзвичайні ситуації: безпека та захист. Матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю*. Черкаси. 2023. С. 120 – 122.
15. Ковбаса В. О., Кириченко О. В. Закономірності впливу широкого класу добавок речовин на швидкість горіння піротехнічних сумішей. *Проблеми пожежної безпеки 2022 (Fire Safety Issues 2022). Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. Харків. 2022. С. 25 – 26.
16. Н. Козяр, В. Ковбаса, Є. Кириченко, О. Дядюшенко, Д. Георгієвський. Критичні значення параметрів зовнішніх термічних впливів на піротехнічні вироби на основі нітратно-металевих сумішей в умовах транспортування. *Надзвичайні ситуації: безпека та захист. Матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю*. Черкаси. 2023. С. 126 – 127.
17. Ковбаса В. О., Кириченко О. В. Визначення закономірностей впливу теплового потоку на поверхні піротехнічних виробів. *Надзвичайні ситуації: безпека та захист. Матеріали XII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю*. Черкаси. 2022. С. 33 – 35.

#### **Оцінка змісту дисертації її завершеність в цілому, відповідність встановленим вимогам оформлення дисертації**

Дисертаційна робота за своїм змістом відповідає спеціальності 261 «Пожежна безпека» та являє собою одноособово написану кваліфікаційну наукову працю, яка містить сукупність результатів та наукових положень, виставлених автором для захисту, має внутрішню єдність та свідчить про особистий внесок автора у науку та практику пожежної безпеки піротехнічних виробів.

Зміст роботи відповідає завершеності вирішення важливої науково-технічної задачі в сфері пожежної безпеки щодо розвитку наукового підґрунтя щодо запобігання передчасних пожежонебезпечних займань піротехнічних виробів із зарядами сумішей на основі порошків металевих пальних та фторопластів, яка досягається шляхом встановлення критичних режимів процесів їхнього нагрівання, займання та розвитку горіння, що є основою для запобігання виникненню пожежі у випадку зовнішніх термічних дій.

Рішення вказаної задачі включає:

систематизацію та аналіз випадків пожежовибухонебезпечних руйнувань піротехнічних виробів з урахуванням впливу зовнішніх термодій, які відбулися у світі протягом останніх десятиліть під час їхнього зберігання, транспортування та застосування; визначено, що ключовим питанням у підвищенні пожежної безпеки піротехнічних виробів при їхньому зберіганні, транспортуванні та застосуванні в умовах зовнішніх термічних дій є запобігання передчасних пожежовибухонебезпечних руйнувань виробів. (розділ 1);

загальну методику проведення експериментальних та теоретичних досліджень щодо підвищення пожежної безпеки піротехнічних виробів на основі двокомпонентних сумішей з порошків металевих палих та фторопластів із добавками органічних речовин, опис стандартного піротехнічного обладнання для проведення досліджень та сучасних методик вимірювання основних характеристик досліджуваних процесів (розділ 2);

результати досліджень температури на поверхнях зарядів сумішей різної геометричної форми та розмірів (плоско-паралельні пластини, прямокутні елементи різної товщини); нелінійні нестационарні математичні моделі нагріву виробів зовнішніми тепловими потоками, які, на відміну від існуючих моделей, враховують температурні залежності теплофізичних властивостей заряду суміші та враховують вплив основних параметрів термовпливів; розроблені математичні моделі нагріву поверхонь зарядів з різних матеріалів; розроблену модель горіння двокомпонентних ущільнених сумішей з порошків металів та фторопластів, яка враховує нові дані про високотемпературне окиснення, займання та горіння частинок металів у продуктах термічного розкладання окиснювачів; встановленні критичних діапазони зміни швидкості горіння сумішей при підвищених температурах нагріву та зовнішніх тисках для різних діапазонів зміни технологічних параметрів, перевищення яких спричиняє вибухонебезпечний розвиток горіння сумішей та пожежонебезпечне руйнування виробів (розділ 3);

проведення експериментальних досліджень, спрямованих на встановлення нових закономірностей впливу на температуру займання та час горіння частинок порошків металів у продуктах розкладання досліджуваних сумішей; розробленні нових експериментально-статистичних моделей, призначених для формування бази розрахункових даних, які кількісно описують вплив ключових технологічних параметрів на швидкість розвитку процесу горіння сумішей за умов зовнішніх термічних впливів; встановлено, що регулювання технологічних параметрів сумішей на етапі їхнього виготовлення дозволяє запобігати нестійким, вибухонебезпечним режимам розвитку горіння в умовах зовнішніх термічних впливів, які призводять до передчасного пожежонебезпечного руйнування виробів, що досягається шляхом керованої зміни швидкості горіння сумішей (або часу дії виробів в умовах їхнього бойового



застосування) без необхідності зміни тактико-технічних показників піротехнічних виробів на основі металізованих фторопластовмісних сумішей (розділ 4);

розробленні науково обґрунтованого методу визначення критичних діапазонів зміни параметрів зовнішніх термічних впливів та керованих технологічних параметрів зарядів сумішей на стадії їхнього виготовлення, перевищення цих діапазонів призводить до передчасного вибухонебезпечного спрацьовування та пожежонебезпечного руйнування виробів, який було успішно впроваджено на підприємствах та в організаціях України у вигляді засобів контролю та технологічних рекомендацій, нормативних документів на виготовлення зберігання, транспортування та застосування піротехнічних виробів загальнопромислового призначення. Це дозволило шляхом керування технологічними параметрами зарядів сумішей знизити ймовірність виникнення пожежовибухонебезпечних руйнувань виробів при зберіганні та транспортуванні з врахуванням зовнішніх термічних впливів у 1,5...2,0 рази. Крім того результати впроваджено в освітній процес Національного університету цивільного захисту України при здійсненні підготовки фахівців для ДСНС України (розділ 5).

**Практична цінність роботи полягає у розробленні та впровадженні:**

- науково обґрунтованого методу, що дозволяє запобігати передчасному пожежонебезпечному займанню зарядів сумішей шляхом визначення та контролю критичних значень основних параметрів (теплових потоків, тривалості їх дії тощо) та забезпечувати контроль вибухонебезпечних режимів розвитку горіння сумішей при підвищених температурах нагріву та зовнішніх тисках;
- науково-технічної бази експериментальних даних, що відображає закономірності впливу широкого кола технологічних параметрів сумішей (коефіцієнт надлишку окиснювача, величина та природа добавки органічної речовини, природа та дисперсність металевого пального, коефіцієнт ущільнення сумішей, діаметр зарядів, матеріал і товщина оболонки, склад та вологість навколишнього середовища тощо) на швидкість розвитку процесу їх горіння під дією зовнішніх термічних впливів (підвищені температури нагріву, зовнішні тиски та ін.). Ця база може широко застосовуватися у піротехнічній промисловості та в ракетно-космічному машинобудуванні.

Результати дисертації, теоретичні положення, експериментальні дані та розроблений метод знайшли практичне використання та впровадження на підприємствах та організаціях України, а також впроваджено в діяльність ДСНС України: Державний центр сертифікації ДСНС України (акт впровадження від 21.11.25); ГУ ДСНС України у Полтавській області (акт впровадження від 25.11.25); ТОВ «Науково-виробнича фірма «Адрон»

(акт впровадження від 10.11.25); ДП «Науково-дослідний інститут «Квант» (акт впровадження від 17.11.25). Практичне впровадження результатів дисертації на зазначених організаціях і підприємствах дозволяє підвищити протипожежний захист об'єктів, де знаходиться застосування виробів з зарядами сумішей. Застосування розроблених засобів контролю та технологічних рекомендацій дозволило знизити ймовірність пожежовибухонебезпечного руйнування виробів під час зберігання та транспортування у 1,5...2,0 рази та запобігати передчасним вибухонебезпечним руйнуванням виробів у процесі їх застосування.

Отримані у дисертації теоретичні та експериментальні дані використовуються в освітньому процесі Національного університету цивільного захисту України при здійсненні підготовки фахівців для ДСНС України за спеціальністю 261 «Пожежна безпека» освітнього рівня «доктор філософії», «магістр» та за спеціальністю 263 «Цивільна безпека» освітнього рівня «бакалавр» (акт впровадження від 12.02.2024 р.)

### **Зауваження щодо змісту та оформлення дисертації**

Незважаючи на високий науковий та практичний рівень дисертаційна робота має ряд недоліків.

1. В малому об'ємі представлені результати експериментальних досліджень, що підтверджують адекватність розроблених моделей.
2. Бажано було б об'єднати усі експериментально-статистичні моделі в одну загальну модель поліноміального вигляду, що набагато скоротило б розрахунки.
3. Слід було б більш конкретизувати допущення, які були прийняті при отриманні математичних моделей термовпливів на поверхню виробів при їх експлуатації, а також при моделюванні процесу горіння сумішей.
4. Не повністю показані технологічні можливості використаного обладнання для моделювання реальних умов експлуатації виробів.
5. Не конкретизовано різницю між математичними та експериментально-статистичними моделями, по яким розраховуються найбільш впливові характеристики зовнішніх термовпливів на поверхню виробів та процесів горіння сумішей.
6. В роботі існують деякі неточності та огріхи у представленні матеріалу:
  - у деякому матеріалі розділів 2 – 5 містяться опис відомої інформації, що доречно було б віднести до розділу 1, в якому наводиться аналітичний огляд існуючих результатів досліджень;
  - деякі редакторські неточності при викладенні наукових положень та висновків, оформленні літератури;
  - у дисертації пронумеровано усі формули при необхідності нумерації лише тих формул, на які відбувається посилання.

Вказані недоліки ніякою мірою не зменшують наукову та практичну цінність роботи.



### Висновки

Представлена дисертація є завершеною роботою, в якій отримано нові науково-обґрунтовані результати. У роботі вирішено конкретну науково-технічну задачу, яка полягає у розвитку наукового підґрунтя щодо запобігання передчасних пожежонебезпечних займань піротехнічних виробів із зарядами сумішей на основі порошків металевих палих та фторопластів, яка досягається шляхом встановлення критичних режимів процесів їхнього нагрівання, займання та розвитку горіння, що слугує основою для запобігання виникненню пожежі у випадку зовнішніх термічних дій. Це відіграє вагомую роль для теорії та практики підвищення пожежної безпеки піротехнічних виробів при їх застосуванні, транспортуванні та зберіганні.

По своїй тематичній спрямованості представлена робота відповідає спеціальності 261 «Пожежна безпека».

Дисертація Ковбаси Вікторії Олегівни за темою «Запобігання передчасного пожежонебезпечного займання піротехнічних металізованих сумішей на основі фторопластів» повністю відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» (зі змінами) та Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 № 44), а її автор Ковбаса Вікторія Олегівна заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 26 «Цивільна безпека» за спеціальністю 261 «Пожежна безпека».

### **Офіційний опонент**

Завідувач кафедри охорони праці, цивільної та техногенної безпеки  
факультету цивільної інженерії та екології  
ННІ «Придніпровська державна академія  
будівництва та архітектури»  
Українського державного університету  
науки і технологій  
доктор технічних наук, професор,  
заслужений діяч науки і техніки України

Анатолій БЕЛІКОВ

