

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, старшого дослідника, заступника начальника центру - начальника науково-дослідного відділу нормативного регулювання науково-дослідного центру нормативно-технічного регулювання Інституту наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України БАЛЛО Ярослава В'ячеславовича на дисертацію КОВБАСИ Вікторії Олегівни за темою «Запобігання передчасного пожежонебезпечного займання піротехнічних металізованих сумішей на основі фторопластів» поданою на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 261 - пожежна безпека, галузі знань 26 – цивільна безпека

Актуальність обраної теми

На сьогодні в Україні широкого застосування набувають піротехнічні вироби різного призначення (спалахувальні та запалювальні засоби, трасувальні патрони та снаряди, піротехнічні ГЧ-випромінювачі, тверді палива для ракетних двигунів, фейерверочні вироби тощо). Такі вироби використовуються для отримання спеціальних ефектів, зокрема світлових, кольорово-полум'яних, теплових, звукових, реактивних. В основі зазначених виробів містяться піротехнічні металізовані ущільнені суміші з порошків металевих палих (Mg, Al, Ti, Zr тощо) та фторопластів (Ф-3, Ф-4 тощо). При зберіганні або застосуванні вироби можуть піддаватися різноманітним зовнішнім термічним впливам, зокрема інтенсивному нагріванню під час пожежі в приміщеннях складів, де зберігаються вироби або під час їх транспортування. Також мають місце термоударні впливи на вироби при їх запуску та польоті. В зазначених умовах стається передчасне спрацьовування зарядів сумішей, які входять до складу виробів, відбувається прискорення процесу їх горіння в умовах замкненого об'єму при зростанні температури нагрівання та зовнішнього тиску. Це призводить до пожежовибухонебезпечних режимів розвитку процесу горіння. Внаслідок цього стається руйнування корпусів виробів і це призводить до проявів різних чинників пожежі, а саме полум'я або високотемпературного струменю продуктів згоряння, диспергованих продуктів (іскри, уламки корпусів, розжарені частини зарядів тощо).

Відповідно до вищезазначеного практичного значення набувають способи запобігання виникнення вимушених пожежонебезпечних руйнувань виробів при впливі зовнішніх термічних дій. Водночас такі способи повинні ґрунтуватись на наукових методах з визначення критичних значень параметрів термічних дій на вироби та технологічних параметрів зарядів сумішей, перевищення яких призводить до передчасних пожежонебезпечних руйнувань виробів. Для розроблення зазначених методів необхідно отримати дані теоретичних та експериментальних досліджень процесів нагрівання поверхні зарядів піротехнічних

металізованих сумішей для різних зовнішніх теплових потоків та часів їх термічної дії, а також процесів займання та розвитку їх горіння при різних зовнішніх умовах (підвищені температури нагріву, зовнішні тиски тощо).

На сьогодні такі дослідження є вельми обмеженими, а деякі напрями взагалі відсутні не охоплені дослідженнями. Відповідно до цього розроблення наукових положень, які встановлюють критичні режими процесів нагрівання, займання та розвитку горіння піротехнічних металізованих сумішей на основі фторопластів в умовах зовнішніх термічних дій, як основи для запобігання виникнення та розповсюдження пожежі при зберіганні, транспортуванні та застосуванні піротехнічних виробів, є актуальним науково-технічним завданням, вирішенню якого присвячена дана дисертація.

Дисертацію виконано 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.

Наукова новизна дисертації

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному.

1. Вперше:

- встановлено закономірності впливу технологічних параметрів сумішей (середнього розміру d_m частинок порошків металевих пальних, коефіцієнта надлишку окиснювача α) та зовнішнього тиску P на ключові характеристики процесів займання (температури займання T_z та часу горіння τ_z частинок металевих пального у продуктах розкладу сумішей): зменшення d_m від 310 мкм до 54 мкм, α 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 α від 0,5 до 1,5 та P від 10^5 Па до 10^7 Па зменшує τ_z у 1,3...2,9 разу;
- 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;

– 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 спрацьовуванню виробів на їх основі в умовах зовнішніх термічних дій.

2. 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.

3. 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 згоряння 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.

Практичне значення дисертації

Результати дисертаційного дослідження становлять наукове підґрунтя для розроблення та впровадження технологічних рекомендацій, спрямованих на зниження ймовірності пожежонебезпечних руйнувань виробів в умовах їхнього зберігання та транспортування з урахуванням впливу зовнішніх термічних дій. Практична цінність отриманих результатів полягає у наступному:

– розроблено науково обґрунтований метод, 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;

– створено науково-технічну базу 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 теоретичних та експериментальних досліджень, а також розроблені методи впроваджено в діяльності ДСНС України та на підприємствах країни. Використання 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 результати також знайшли застосування 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».

Достовірність наукових положень, висновків

Обґрунтування та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується: 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.

Огляд та відповідність дисертації спеціальності з відповідної галузі знань, з якої вона подається до захисту

Дисертація містить анотацію, зміст, вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних літературних джерел, додатки.

Зміст роботи відповідає чинним вимогам до оформлення дисертації з галузі знань 26 «Цивільна безпека», спеціальності 261 «Пожежна безпека».

Коротка характеристика дисертації

Дисертація складається з анотації, змісту, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи становить 287 сторінок, з них обсяг основного тексту 177 сторінок, 101 рисунки, 42 таблиць, список використаних джерел складає 165 найменувань та займає 24 сторінки, а також 2 додатків на 16 сторінках.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету, завдання дослідження, викладено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. Також показано особистий внесок здобувача та представлено інформацію про апробацію результатів дисертаційного дослідження.

У першому розділі систематизовано дані щодо випадків руйнувань піротехнічних виробів у світовій практиці за останні десятиліття під час їхнього зберігання, транспортування та застосування. Доведено, що інтенсивний зовнішній тепловий вплив під час пожежі спричиняє передчасне ініціювання та вибухонебезпечний розвиток горіння зарядів сумішей в умовах підвищених температур нагріву та зовнішніх тисків, що призводить до пожежонебезпечного руйнування навколишніх об'єктів, наносить значні матеріальні збитки та призводить до загибелі людей. Визначено, що визначальним аспектом у підвищенні пожежної безпеки піротехнічних виробів при їхньому зберіганні, транспортуванні та застосуванні в умовах зовнішніх термічних дій є запобігання передчасних пожежовибухонебезпечних руйнувань виробів. Для цього потрібно розробити науково обґрунтований метод визначення критичних значень параметрів зовнішніх термічних дій на вироби, перевищення яких індукує передчасне займання та вибухонебезпечний розвиток горіння зарядів сумішей в умовах зростання температури нагріву та тиску навколишнього середовища.

У другому розділі представлена загальна методика проведення досліджень щодо підвищення пожежної безпеки піротехнічних виробів на основі двокомпонентних сумішей з порошків металевих палих та фторопластів із добавками органічних речовин. Методика зорієнтована на визначенні критичних значень параметрів зовнішніх термічних дій та технологічних параметрів зарядів сумішей, перевищення яких призводить до їхнього передчасного займання, розвитку вибухового горіння та пожежонебезпечного руйнування виробів.

У третьому розділі представлено результати досліджень температури на поверхнях зарядів сумішей різної геометричної форми та розмірів. Розроблено 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: величини теплових потоків від зовнішніх джерел тепла та часів їхньої дії.

Розроблено модель горіння, яка на відміну від існуючих моделей враховує нові дані про високотемпературне окиснення, займання та горіння частинок металів у продуктах термічного розкладання окиснювачів. За результатами розрахунків були встановлені критичні 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.

У четвертому розділі представлено результати експериментальних досліджень, спрямованих на встановлення нових закономірностей впливу на температуру займання та час горіння частинок порошків металів у продуктах розкладання досліджуваних сумішей. Розроблено нові експериментально-статистичні моделі, призначені 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, які призводять до передчасного пожежонебезпечного руйнування виробів, що досягається шляхом керованої зміни швидкості горіння сумішей без необхідності зміни тактико-технічних показників піротехнічних виробів на основі металізованих фторопластовмісних сумішей.

У п'ятому розділі розроблено науково обґрунтований метод визначення критичних діапазонів зміни параметрів зовнішніх термічних впливів та керованих технологічних параметрів зарядів сумішей на стадії їхнього виготовлення, який впроваджено у діяльність ДСНС України, а також та підприємствах та в організаціях України у вигляді засобів контролю та технологічних рекомендацій. Це дало змогу на стадії виготовлення піротехнічних виробів шляхом керування технологічними параметрами зарядів сумішей збільшити температуру та часу затримки їх займання та знизити ймовірність виникнення пожежовибухонебезпечних руйнувань виробів при зберіганні та транспортуванні з врахуванням зовнішніх термічних впливів майже в два рази. Отримані результати також впроваджено в освітній процес 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».

У додатках дисертації наведені список наукових публікацій автора та акти впровадження результатів дисертації.

Тема та зміст дисертаційної роботи відповідає спеціальності 261 – Пожежна безпека.

Повнота викладу основних результатів дисертації у наукових публікаціях

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, які в достатній мірі висвітлюють результати роботи, що виноситься на захист.

В публікаціях повною мірою представлено результати дисертації, їх наукова обґрунтованість і відповідність темі дисертації.

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 паливних 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 паливних 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 паливних 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 паливні, 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.

Основні теоретичні розрахункові та експериментальні результати отримано здобувачем самостійно. Наукові положення, що виносяться на захист, та висновки дисертаційної роботи належать автору.

У роботах, які опубліковано у співавторстві, особистий внесок здобувача полягає в наступному:

– у науковій праці «Підвищення стійкості процесу горіння піротехнічних сумішей шляхом введення добавок органічних речовин» здобувачем проведено аналіз добавок органічних речовин, що використовуються в технічному виробництві для проведення досліджень, обрано добавки, що здійснюють найбільш значний вплив на швидкість і режими розвитку процесу горіння сумішей;

- у науковій праці *«Експериментально-статистичні моделі для отримання базу даних по швидкостям розвитку процесу горіння піротехнічних сумішей на основі металевих пальних, фторопластів та добавок органічних речовин»* здобувачем проведено експериментальні дослідження залежностей швидкості горіння сумішей від технологічних параметрів та зовнішніх умов (температури нагріву, складу, тиску та ін.);
- у науковій праці *«Дослідження механізму та розробка моделей розвитку процесу горіння двокомпонентних піротехнічних сумішей металевих пальних з фторопластами в умовах зовнішніх термічних впливів»* здобувачем встановлено механізм горіння двокомпонентних ущільнених сумішей з порошків металевих пальних та фторопластів, а також розроблено математичну модель їх горіння в умовах зовнішніх термодій, що дозволяє визначати закономірності впливу технологічних параметрів та зовнішніх умов на стійкі вибухобезпечні режими розвитку горіння сумішей;
- у науковій праці *«Керована база даних по часам згоряння частинок металевих пальних в продуктах термічного розкладання піротехнічних металізованих сумішей на основі фторопластів»* здобувачем проведено експериментальні дослідження впливу технологічних параметрів та зовнішніх умов на час згоряння частинок металевих пального в продуктах розкладання піротехнічних сумішей на основі фторопластів;
- у науковій праці *«Запобігання пожежовибухонебезпечним займанням піротехнічних металізованих сумішей з добавками неорганічних речовин»* здобувачем проаналізовано методи експериментально-статистичного моделювання з використанням спеціалізованих пакетів прикладних програм для проведення розрахунків;
- у науковій праці *«Закономірності впливу різних чинників на швидкість розвитку процесу горіння піротехнічних сумішей на основі кисневмісних окиснювачів та металевих пальних»* здобувачем проаналізовано наявні дані по впливу розглядуваних чинників на швидкість розвитку процесу горіння інших металізованих піротехнічних сумішей для співставлення з отриманими даними;
- у науковій праці *«Визначення критичних значень параметрів зовнішніх термічних впливів на піротехнічні вироби на основі нітратно-металевих сумішей в умовах їх зберігання та транспортування»* здобувачем було визначено критичні значення параметрів зовнішніх термічних впливів (теплового потоку, часу його дії) для різних технологічних параметрів;
- у науковій праці *«Визначення процесів займання частинок металевих пальних у продуктах розкладання піротехнічних багатокомпонентних нітратно-металевих сумішей»* здобувачем було проведено експериментальні дослідження температури займання та часу індукції частинок металевих пальних у продуктах розкладання сумішей;
- у науковій праці *«Combustion model for burning multicomponent pyrotechnic nitrate-metallized mixtures»* здобувачем було проведено

експериментальні дослідження фізико хімічних процесів, що протікають у різних зонах горіння сумішей;

– у науковій праці *«Regulations of the Influence of External Thermal Influences on Speed and Explosive Safe Combustion Modes of Pyrotechnic Nitrate Metallized Mixtures with Metal Fluoride»* здобувачем розроблено розрахункові методи визначення критичних значень швидкості горіння сумішей при різних зовнішніх умовах, перевищення яких призводить до вибухонебезпечного руйнування виробів;

– у науковій праці *«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»* здобувачем проведено експериментальні дослідження по впливу технологічних параметрів та зовнішніх умов на температуру займання частинок металевих горючих в продуктах розкладання піротехнічних сумішей на основі фторопластів;

– у науковій праці *«Thermodynamic calculations for determine the temperature of combustion products of pyrotechnic products based on aluminum-magnesium alloy powder»* здобувачем проведено термодинамічні розрахунки температури продуктів згоряння суміші, вмісту в них високотемпературного конденсату для різних значень технологічних параметрів та зовнішніх умов, що дозволяє шляхом контролю за їх рівнем підвищувати пожежовибухобезпечні властивості сумішей при застосуванні виробів;

– у науковій праці *«Аналіз швидкостей горіння піротехнічних сумішей з урахуванням компонентів, таких як металеві пальні, фторопласти та органічні добавки, за допомогою розробки експериментально-статистичних моделей та створення бази даних»* здобувачем розроблено та експериментально-статистичні моделі для визначення діапазонів зміни критичних значень швидкості горіння сумішей в умовах зовнішніх термічних дій;

– у науковій праці *«Закономірності впливу широкого класу добавок речовин на швидкість горіння піротехнічних сумішей»* здобувачем експериментально визначено ступінь впливу широкого класу добавок органічних речовин (парафіну, стеарину, нафталіну, антрацену, ідитолу, уротропіну та ін.) на залежності швидкості горіння сумішей на основі фторопластів від підвищених температур нагріву та зовнішніх тисків;

– у науковій праці *«Критичні значення параметрів зовнішніх термічних впливів на піротехнічні вироби на основі нітратно-металевих сумішей в умовах транспортування»* здобувачем розроблено методи визначення критичних значень технологічних параметрів в умовах зовнішніх термовпливів на заряди ущільнених сумішей з порошків металевих пальних та фторопластів різної геометричної форми та розмірів;

– у науковій праці *«Визначення закономірностей впливу теплового потоку на поверхні піротехнічних виробів»* здобувачем розроблено

математичні моделі теплового впливу на поверхню металевих оболонок піротехнічних виробів на основі ущільнених сумішей з порошків металевих палих та фторопластів в умовах їх зберігання або транспортування з урахуванням впливу зовнішніх термічних дій.

Відсутність порушення академічної доброчесності

За результатами аналізу дисертації та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено. Елементи фальсифікації чи фабрикації тексту відсутні.

Зауваження та дискусійні положення

Позитивно оцінюючи основні результати дисертації в цілому, слід зробити певні зауваження, які полягають у наступному:

1. Не конкретизовано з якими похибками вимірювались основні характеристики горіння сумішей (температура займання та час згорання частинок металевих палих, швидкість його горіння).
2. Не конкретизовано як враховувалось в моделі горіння сумішей вплив таких важливих параметрів, як коефіцієнт ущільнення та дисперсність окиснювача.
3. В роботі доцільно більш деталізовано описати, як розроблялись експериментально-статистичні моделі.
4. У дисертації є певні неточності у висвітленні матеріалу:
 - при характеристиці методів дослідження доцільно було б більш детально розкрити методи, що застосовував здобувач з вказівкою їх назв: наприклад, методи мікрокінозйомки для дослідження процесів займання частинок металу та горіння сумішей, термогравіметричний метод для дослідження ступеня розкладання окиснювача, ступеня окиснення частинок металу у продуктах розкладання тощо
 - некоректне розміщення деяких рисунків та відсутність їх об'єднань, що дало б змогу зменшити обсяг дисертації.

Загалом, вищезазначені зауваження мають дискусійний характер та не применшують значний теоретичний, науково-методичний та прикладний рівень проведеного автором дослідження.

Висновки та рекомендації дисертації до захисту

Вказані недоліки ніяким чином не зменшують наукову та практичну цінність дисертації. Зміст анотації ідентичний до основних положень дисертації.

За результатами перевірки дисертації та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено. Факти фальсифікації, фабрикації тексту в роботі відсутні.

Дисертація КОВБАСИ Вікторії Олегівни за темою «Запобігання передчасного пожежонебезпечного займання піротехнічних металізованих сумішей на основі фторопластів» 0є завершеною науковою роботою, в якій

отримано нові науково обґрунтовані результати, виконаною особисто, та відповідає вимогам наказу МОН України від 12.01.2017 року № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (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).

Дисертація рекомендована мною для офіційного захисту в разовій спеціалізованій вченій раді, а її автор КОВБАСА Вікторія Олегівна заслуговує присудження їй ступеня доктора філософії з галузі знань 26 «Цивільна безпека», за спеціальністю 261 «Пожежна безпека».

Рецензент:

Заступник начальника центру –
начальник науково-дослідного відділу
нормативного регулювання науково-дослідного
центру нормативно-технічного регулювання
Інституту наукових досліджень з цивільного захисту
Національного університету
цивільного захисту України
доктор технічних наук,
старший дослідник



Ярослав БАЛЛО

Підпис *Балло Я*

ЗАСВІДЧУЮ



НАЧАЛЬНИК СЕКТОРУ ПЕРСОНАЛУ
ІНДЦЗ НУЦЗ УКРАЇНИ
ПОЯКОВНИК С.П.З.
БОГДАН КОВАЛИШИН