Відгук

офіційного опонента Бєлікова Анатолія Серафімовича

на дисертацію Діброви Олексія Сергійовича за темою

«Підвищення пожежної безпеки піротехнічних нітратно-титанових сумішей»,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека

Актуальність теми дисертації, зв'язок з науковими програмами

З кожним роком в Україні та у світі зростає кількість пожеж та вибухів при зберіганні, транспортуванні та застосуванні піротехнічних нітратно-металевих сумішей та їх компонентів, які входять до складу піротехнічних виробів різноманітного призначення (освітлювальних, сигнальних, трасуючих, феєрверочних тощо), що призводить до руйнування об'єктів, травмування та загибелі людей, наносять значні матеріальні збитки. В деяких випадках непередчасні вибухонебезпечні спрацьовування як компонентів, так і самих піротехнічних сумішей мають катастрофічні наслідки і впливають на національну безпеку держави.

Так, наприклад, в порту м. Бейрут (2020 р.) сталися два потужних вибухи, що створили ударну хвилю, яка повністю зруйнувала припортову інфраструктуру та будівлі і споруди на відстані 10 км. В результаті вибуху загинуло 220 людей, 6000 людей було поранено та 110 людей зникли безвісти. Причиною другого вибуху стали 2750 тон нітрату амонію, що зберігалися в порту та піддалися зовнішнім термічним впливам наслідків першого вибуху, що в свою чергу стався в результаті пожежі на складі піротехніки.

Тому практичне значення мають способи попередження виникнення вимушених пожежонебезпечних руйнувань виробів у випадку впливу зовнішніх термічних дій.

Нині дослідження щодо впливу різних технологічних параметрів (співвідношення компонентів та їх дисперсності, коефіцієнта ущільнення, діаметра заряду тощо) та зовнішніх умов (температури нагріву, зовнішнього тиску тощо) на процеси загоряння та розвитку горіння нітратно-титанових

сумішей, зокрема, швидкість горіння та вибухонебезпечні режими його розвитку практично відсутні.

Тому розроблення наукових положень, які встановлюють основні закономірності процесів нагрівання, загоряння та розвитку горіння піротехнічних нітратно-титанових сумішей, як основи для попередження виникнення пожеж у випадку зовнішніх термодій є актуальною науково-технічною задачею, рішенню якої присвячена дана дисертація.

Тема дисертаційних досліджень пов'язана з виконанням науково-дослідної роботи у Черкаському інституті пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України «Розробка рекомендацій щодо підвищення пожежної безпеки піротехнічних виробів на основі нітратно-титанових сумішей умовах застосування» (номер державної реєстрації 0119U002484), в якій здобувач був відповідальним виконавцем.

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

Обґрунтованість положень та висновків обумовлено насамперед тим, що автор використовує добре апробовані методи математичного та експериментально-статистичного моделювання процесів нагрівання, займання та розвитку горіння сумішей. Припущення та узагальнення використовуються автором аргументовано. Роботі притаманне задовільне збігання результатів теоретичних досліджень з експериментальними даними (відносна похибка 5…10 %).

Основні результати експериментальних досліджень отримано на стандартному метрологічно повіреному обладнанні та за допомогою сучасних засобів вимірювальної техніки.

Новизна отриманих результатів

Для вирішення важливої науково-технічної задачі, яка полягає у розвитку наукових основ підвищення пожежної безпеки піротехнічних нітратно-титанових сумішей у випадку зовнішніх термодій, було отримано наступні

наукові результати.

1. Вперше встановлено закономірності впливу коефіцієнта надлишку окиснювача та зовнішнього тиску на температуру продуктів згоряння сумішей та вміст у них високотемпературного конденсату, що дозволяє на стадії виготовлення сумішей контролювати їх критичні значення та тим самим забезпечувати пожежонебезпечні властивості зарядів піротехнічних виробів при їх застосуванні та попереджати вибухонебезпечний розвиток їх горіння в умовах зовнішніх термодій.

2. Вперше розроблено математичну модель процесу горіння ущільнених двокомпонентних сумішей титан + нітратовмісний окиснювач, яка враховує: температурні залежності теплофізичних властивостей сумішей; кінетичні характеристики термічного розкладання окиснювача, спалахування та згоряння частинок порошку титану у продуктах розкладання на поверхні горіння та у зоні полум'я, а також високотемпературного окиснення порошку титану у розплаві окисновача; термодинамічні розрахунки температури та складу продуктів згоряння сумішей, що дозволяє більш точно визначати вплив технологічних чинників та зовнішніх умов на швидкість розвитку процесу горіння сумішей та запобігати нестійкому та вибухонебезпечному його розвитку.

3. Вперше експериментально встановлено, що збільшення температури нагріву від 300 К до 900 К та зовнішнього тиску від 10^5 Па до $3 \cdot 10^7$ Па призводить до зростання швидкості горіння сумішей у 1,3…3,5 рази та виникнення вибухонебезпечних режимів розвитку їх горіння; при цьому збільшення коефіцієнта надлишку окиснювача у суміші та середнього розміру частинок металевого пального зменшують швидкість процесу горіння, стабілізуючи його, що дозволяє шляхом регулювання технологічними параметрами зарядів сумішей запобігати передчасному спалахуванню сумішей, а також нестійкому та вибухонебезпечному розвитку процесу їх горіння умовах зовнішніх термічних дій.

4. Уточнено математичні моделі зовнішнього термічного впливу на зразки сумішей шляхом врахування їх геометричної форми (плоскої, циліндричної,

сферичної), а також температурних залежностей теплофізичних властивостей сумішей (об'ємної теплоємності, коефіцієнта теплопровідності), що дозволяє більш точно визначати критичні параметри зовнішніх термовпливів, та тим самим запобігати розвитку пожежовибухонебезпечного стану сумішей.

5. Отримано подальший розвиток дослідження закономірностей впливу технологічних параметрів сумішей (співвідношення та дисперсності компонентів, природи окиснювача) та зовнішніх чинків (температури нагріву, тиску та складу оточуючого середовища) на температуру займання та час горіння частинок металу в продуктах термічного розкладання окиснювача, що дозволяє визначати критичні діапазони зміни параметрів зовнішніх термічних впливів та технологічних параметрів зарядів сумішей і не допускати передчасних пожежовибухонебезпечних руйнувань виробів.

Повнота викладу основних результатів дисертації у наукових фахових виданнях

Основні положення дисертації опубліковано у 20 наукових роботах, серед яких 11 статей у провідних фахових виданнях, з них 2 статей у іноземних виданнях, 7 статей у виданнях України, що включені до міжнародних науково-метричних баз, 9 тез доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому,
відповідність вставленим вимогам оформлення дисертації

Дисертаційна робота за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 21.06.02 – 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 в умовах їх зберігання, транспортування та застосування.

Зміст роботи відповідає завершеності вирішення важливої науково-технічної задачі щодо розвитку наукових основ підвищення пожежної безпеки

піротехнічних виробів шляхом встановлення основних закономірностей процесів нагріву, займання та розвитку горіння нітратно-титанових сумішей як основи для попередження виникнення пожеж у випадку зовнішніх термодій. Рішення вказаної задачі включає: аналіз стану та концепцію побудови пожежонебезпечних піротехнічних виробів з врахуванням впливу зовнішніх термодій в умовах їх зберігання, транспортування та застосування (розділ 1); загальну методологію проведення експериментальних та теоретичних досліджень, опис стандартного метрологічно повіреного піротехнічного обладнання для проведення досліджень та сучасних методик вимірювання основних характеристик досліджуваних процесів (розділ 2); комплекс математичних моделей для визначення залежностей розподілів температури та термопружних напружень по товщині зарядів сумішей від параметрів зовнішніх термодій (величини теплового потоку та часу його дії), а також математичні моделі для визначення впливу технологічних параметрів зарядів сумішей (співвідношення та дисперсності компонентів) та зовнішніх чинників (температури нагріву та зовнішнього тиску) на основні характеристики процесів їх займання та розвитку горіння (температури та складу продуктів згоряння, швидкості розвитку горіння та меж його стійкого та стабільного протікання) (розділ 3); проведення експериментальних досліджень та побудова експериментально-статистичних моделей для визначення залежностей температури займання та часу горіння частинок титану в продуктах розкладання окиснювача, а також швидкості горіння сумішей від співвідношення та дисперсності компонентів, підвищених температур нагріву та зовнішніх тисків (розділ 4); науково-обґрунтований алгоритм знаходження критичних значень параметрів зовнішніх термодій та технологічних параметрів зарядів сумішей, перевищення яких призводить до їх передвчасного спрацьовування та пожежонебезпечного руйнування виробів, який було успішно впроваджено на ряді підприємств України у вигляді нормативних документів на виготовлення, зберігання, транспортування та застосування піротехнічних виробів загальнопромислового призначення (розділ 5).

Зміст автореферату відповідає основним положенням, рекомендаціям та

висновкам дисертації. Автореферат написано лаконічно та у стислій формі.

Практична цінність роботи полягає в розробленні та впровадженні:

– засобів контролю та технологічних рекомендацій для зниження вірогідності пожежонебезпечних руйнувань піротехнічних виробів при зберіганні та транспортуванні з урахуванням зовнішніх термічних дій, які використовуються у роботах Департаменту по запобіганню надзвичайним ситуаціям ДСНС України при здійсненні ринкового нагляду за піротехнічною продукцією, аналізу і відповідності технічному регламенту «Піротехнічні вироби» (акт впровадження від 21.04.2020);

– алгоритму визначення критичних значень параметрів зовнішніх термічних впливів та технологічних параметрів зарядів піротехнічних нітратно-титанових сумішей, який покладено в основу «Рекомендацій щодо підвищення пожежної безпеки піротехнічних виробів на основі нітратно-титанових сумішей в умовах застосування», які доповнюють нормативні документи на проектування, виготовлення, зберігання, транспортування та реалізацію серійних піротехнічних виробів (акт впровадження Державного центру сертифікації ДСНС України від 12.03.2020);

– пропозицій щодо підвищення пожежної безпеки піротехнічних нітратно-титанових виробів в умовах зовнішніх термічних дій, які використовуються УкрНДІЦЗ під час розроблення та розгляду технічних умов, регламентів, стандартів, пов'язаних з розробленням та обсягом піротехнічних виробів (зберігання, транспортування, застосування), а також будуть впроваджені під час перегляду ДСТУ 4316-2004 «Вироби піротехнічні побутового призначення. Вимоги пожежної безпеки і методи випробування» у рамках реалізації планів інституту зі стандартизації за своєю компетентністю (акт впровадження від 20.12.2019);

– рекомендацій щодо підвищення пожежної безпеки виробів на основі піротехнічних нітратно-титанових сумішей в умовах застосування пройшли апробацію в пожежно-рятувальних підрозділах Дніпропетровської області та мають позитивний результат (акт впровадження ГУ ДСНС України у

Дніпропетровській області від 26.03.2020);

– результатів досліджень з визначення критичних температур нагріву окиснювачів, які характеризують процеси початку їх розкладання з утворення токсичних газоутворюючих продуктів, його інтенсифікацію в умовах пожежі в складських приміщеннях, де зберігаються порошки хімічно активних компонентів, що дозволило знизити небезпеку перетворювання сировини, що використовується для отримання продукції, яка випускається в непридатний стан при виникненні пожежі під час зберігання або транспортування (акт впровадження ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» від 16.04.2020);

– результати експериментальних та теоретичних досліджень з визначення критичних умов експлуатації піротехнічних виробів на основі нітратно-титанових сумішей в умовах зовнішніх термічних впливів мають практичне значення для технологів ТОВ «Науково-виробнича фірма «Адрон» та планується до використання після відповідної їх адаптації для попередньої оцінки пожежної безпеки та визначення граничних умов застосування готових піротехнічних виробів (ХТЦ, термобаричний вміст боєприпасів тощо) під дією аеродинамічного нагріву та змінного тиску (акт впровадження ТОВ «Науково-виробнича фірма «Адрон» від 23.04.2020);

– у використанні в навчальному процесі в Черкаському інституті пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту при здійсненні підготовки фахівців для ДСНС за спеціальністю 261 «Пожежна безпека» освітнього ступеня «бакалавр», «магістр» та при підготовки ад'юнктів під час вивчення дисциплін «Пожежна профілактика технологічних процесів», «Пожежна безпека об'єктів підвищеної небезпеки», «Теорія розвитку та припинення горіння», «Пожежна безпека промислових об'єктів та управління ризиками», «Техногенна безпека об'єктів» (акт впровадження від 12.05.2020.

Зауваження щодо змісту та оформлення дисертації

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

1. Недостатньо повно наведено існуючі дані по поведінці компонентів нітратно-титанових сумішей при різних температурах нагріву.

2. У роділлі 2 загальну методику досліджень не представлено у вигляді загальної блок-схеми виконання окремих етапів роботи, що дає більш наглядне уявлення про досягнення поставленої мети у дисертації.

3. У математичних моделях нагріву піротехнічних сумішей зовнішніми тепловими потоками (див. розділ 3) не враховуються радіаційні теплові потоки з зон нагріву, а також конвективний теплообмін на поверхні суміші.

4. При розробці математичної моделі процесу горіння розглядуваних сумішей в умовах зовнішніх термодій (див. розділ 3) не враховуються у загальному тепловому балансі к-фази суміші тепловиділення в результаті окиснення частинок металу у її реакційний зоні.

5. В роботі слід було більш уваги приділити визначенню ємності зарядів з урахуванням сумішей Ti + $NaNO_3$, їх призначення з урахуванням форми піротехнічних виробів.

6. Не в повній мірі визначені допустимий час та умови зберігання піротехнічних виробів з урахуванням їх призначення.

7. В роботі існують деякі неточності та огріхи у представленні матеріалу:

– у деякому матеріалі розділів 2 – 5 міститься 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 науковою роботою, в якій отримано нові науково- та практично-обґрунтовані результати. У роботі

вирішено конкретну науково-технічну задачу, яка полягає у розвитку наукових основ підвищення пожежної безпеки піротехнічних виробів шляхом встановлення основних закономірностей процесів нагріву, займання та розвитку горіння нітратно-титанових сумішей як основи для попередження виникнення пожеж у разі зовнішніх термічних дій. Це має істотне значення для теорії та практики підвищення пожежної безпеки піротехнічних виробів при їх зберіганні, транспортуванні та застосуванні в умовах впливу термічних дій.

По своїй тематичній спрямованості представлена робота відповідає паспорту спеціальності 21.06.02 – пожежна безпека.

Дисертація Діброви Олексія Сергійовича «Підвищення пожежної безпеки піротехнічних нітратно-титанових сумішей» повністю відповідає п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженому Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р., вимогам Наказу Міністерства освіти на науки України № 40 від 12.01.2017 р., а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека.

Офіційний опонент
Заслужений діяч науки і техніки України,
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри безпеки життєдіяльності
ДВНЗ «Придніпровська державна
академія будівництва та архітектури» Анатолій БЄЛІКОВ

підпис д.т.н., проф. А. Бєлікова завіряю
Начальник відділу кадрів
ДВНЗ «Придніпровська державна
академія будівництва та архітектури» Борис ПРОКОФ'ЄВ