

ВІДГУК

офіційного опонента,

кандидата технічних наук, старшого наукового співробітника

Дунюшкіна Володимира Олександровича

на дисертаційну роботу Марича Володимира Михайловича за темою
«Підвищення ефективності порошкового пожежогасіння магнію та його
сплавів», поданої на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека

Дисертаційна робота складається з титульного аркуша, анотації, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, 4-х розділів, висновків, списку використаних джерел із 117 найменувань на 12 сторінках, та 3 додатків на 22 сторінках. Основна частина дисертації займає 125 сторінок та містить 32 рисунок, 28 таблиць. Загальний обсяг роботи – 159 сторінок.

Актуальність теми і отриманих результатів

Використання магнію та його сплавів є практичним та ефективним у промисловості як в Україні, так і за її межами. Магній та його сплави часто використовуються в апаратах космічної та авіаційної техніки, судно- та автомобілебудуванні.

Згідно із статистичними даними, за останні 10 років в Україні сталося близько 25 пожеж, що були спричинені горінням магнію та його сплавів.

В процесі гасіння пожеж класу D за наявності магнію та його сплавів виникають додаткові фактори небезпеки, які ускладнюють процес гасіння, а саме: температура може зростати більше 2000 °C; ці метали активно реагують з водою, що призводить до ще більшого розповсюдження пожежі і навіть вибуху під час використання для гасіння води чи вогнегасних речовин на її основі.

Ряд досліджень з гасіння пожеж класу D (магній та його сплави) приводились в Україні у 80-ті роки минулого сторіччя, були розроблені експериментальні зразки спеціального вогнегасника та рецептура вогнегасного порошку спеціального призначення К-30. Нажаль, продовження та впровадження результатів цих досліджень в Україні до останнього часу не було. В даний час порошки спеціального призначення в Україні не виготовляються. В літературі також відсутні наукові публікації щодо рецептур вогнегасного порошку та використання насадки-заспокоювача для його подачі під час порошкового пожежогасіння магнію та його сплавів.

Тому, актуальність проведення досліджень з метою розроблення рецептури вогнегасного порошку спеціального призначення та засобів його подавання для ефективного гасіння магнію та його сплавів не викликає сумнівів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Робота виконувалась відповідно до плану науково-дослідної роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, за напрямком

«Розроблення, дослідження, випробування та впровадження систем виявлення та гасіння пожеж, вогнегасних речовин, методів та пристроїв їх подачі» під час виконання науково-дослідної роботи за темою «Вдосконалення технології гасіння пожеж різних класів (D1 та A) за наявності сполук магнію» (номер державної реєстрації 0117U005254), у якій здобувач був відповідальним виконавцем.

Аналіз основного змісту дисертаційної роботи

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи та важливість вдосконалення технології гасіння пожеж класу D магнію та його сплавів, сформульовано ідею, мету і визначено завдання досліджень, відображено наукову новизну роботи та практичне значення отриманих результатів. Наведено відомості про апробацію та публікації основних результатів дослідження.

У **першому розділі** проведено аналіз наукової літератури щодо дослідження гасіння пожеж класу D магнію та його сплавів і встановлено, що експериментальним і теоретичним дослідженням гасіння пожеж класу D магнію та його сплавів магнію присвячені роботи багатьох науковців. Ґрунтовану роботу в галузі гасіння пожеж класу D, провели вчені в Західній Європі, США, Канаді. Дослідження з гасіння пожеж класу D магнію та його сплавів в Україні проводились недостатньо. В даний час порошки спеціального призначення в Україні не виготовляються. В літературі також відсутні наукові публікації щодо рецептур вогнегасного порошку та насадки-заспокоювача для його подачі під час гасіння пожеж класу D магнію та його сплавів. Проаналізовано найбільш резонансні пожежі в Україні та світі, спричинені наявністю сплавів магнію. Охарактеризовано запалювальну зброю на основі сплавів магнію та небезпека її для складів з боєприпасами. Наведено галузі застосування сплаву магнію та стрімке зростання їх використання у промисловості. Описано фізико-хімічні властивості магнію, відомі способи гасіння пожеж класу D та їх недоліки.

У **другому розділі** досліджено вогнегасні порошки та розроблено рецептуру для гасіння пожеж класу D. Проведені лабораторні дослідження вогнегасних сумішей, які складаються з хлориду натрію, меленого шлаку і аеросилу та визначено параметри гасіння. Встановлено оптимальне співвідношення компонентів вогнегасного порошку, які забезпечують мінімальну величину інтенсивності подавання. Експериментально визначено оптимальний склад вогнегасного порошку: хлорид натрію – 73,5 %, мелений шлак – 25 % та аеросил – 1,5 %. Наявність у складі вогнегасного порошку меленого шлаку та аеросилу надають йому термостійкості, ізолювальної і антизлежувальної здатності, текучості та загалом підвищують його вогнегасну ефективність. Результати експериментального дослідження впливу основних компонентів вогнегасного порошку на ефективність гасіння магнію та його сплавів адекватно відображає отримана емпірична залежність.

У **третьому розділі** проведено математичне моделювання подачі вогнегасного порошку з заспокоювачів різної конструкції.

Під час дослідження вибрано найбільш оптимальну конструкцію та розроблено математичні моделі. З хромограм видно, що швидкість газу в об'ємі корпусу заспокоювача із одностороннім відбивачем є нерівномірною, а його розповсюдження має турбулентний характер. Як показало моделювання насадки-заспокоювача з еліптичним дном, його використання є ефективнішим від сферичного. Не зважаючи на вищі значення швидкості руху газу, максимальне значення швидкості руху частинок твердої фази суміші є на 27 % меншим, ніж у попередньому випадку.

Тиск у корпусі вогнегасного пристрою повинен бути достатньо високим для забезпечення аерації порошку та транспортування його на відносно далекі відстані, а на виході порошок повинен рухатись направлено і плавно, інтенсивно покриваючи поверхню палаючого металу.

Змодельовано подавання порошку з насадок-заспокоювачів різної конструкції. Встановлено, що траєкторії руху середовища формуються із багатьох зіткнень з поверхнями, що туться об закручений потік газу та поверхню вогнегасника. Запропоновано насадку-заспокоювач для подавання вогнегасного порошку для гасіння пожеж класу D з двома робочими поверхнями – еліптичним верхом та параболічним відбивачем. Як наслідок – значення швидкості частинок на виході із корпусу насадки-заспокоювача лежить в діапазоні 0,3 – 20 м/с, що є в п'ять разів меншим ніж у випадку сфери, та в чотири рази менший, ніж у випадку одного еліпса (без відбивача).

Відповідність математичної моделі експериментально перевірена на фізичній моделі, у вигляді заспокоювача для подавання вогнегасного порошку для гасіння пожеж магнію з двома робочими поверхнями – еліптичним верхом та параболічним відбивачем. На об'єкт гасіння потрапляє більше 0,920 кг порошку при використаних 0,978 кг, що становить понад 90 % вогнегасної речовини, витраченої на гасіння. Заспокоювач з двома робочими поверхнями ефективніший від попереднього заспокоювача з одностороннім відбивачем з однією робочою поверхнею на 30 % за кількістю порошку, який потрапив в зону горіння. Це покращує ефективність гасіння, дозволяє більшим шаром порошку покривати поверхню горіння, не роздмухуючи стружку з поверхні горючого металу. Час гасіння макетного вогнища з 20 с зменшився до 7 с та збільшилась кількість порошку на поверхні гасіння.

Математична модель будується на основі геометричного проектування реального інженерного об'єкта в середовищі SolidWorks з подальшим автоматичним обміном необхідною інформацією і дозволяє проектувати різні насадки-заспокоювачі для гасіння пожеж класу D.

У четвертому розділі запропоновано проект методики для визначення ефективності гасіння пожеж класу D. В Україні відсутня методика з випробування ефективності вогнегасних порошоків спеціального призначення для гасіння пожеж класу D. Проаналізовані нормативні документи в яких зазначені методики вогнегасних порошоків спеціального призначення для гасіння пожеж класу D. А саме: методики, викладені в міжнародному

стандарті ISO 7165:2017 «Fire fighting — Portable fire extinguishers — Performance and construction» (Пожежогасіння – Переносні вогнегасники – Виконання та будівництво) та ГОСТ 53280.5-2009 Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 5. Порошки огнетушащие специального назначения. (Установки пожежогасіння автоматичні. Вогнегасні речовини. Частина 5. Порошки вогнегасні спеціального призначення)

Обидві методики мають ряд недоліків, які потрібно усунути при створенні проекту Української методики випробувань вогнегасних порошків для гасіння пожеж класу D, а саме: розміри металевого каркаса з листової сталі зі стороною (500 ± 10) мм, висотою (150 ± 5) мм і товщиною стінок від 2,5 мм до 3,0 мм. для проведення випробувань з використанням магнієвої стружки є малими; газовий чи кисневий факел, який використовується для займання магнію не забезпечує повноцінного горіння по всій площі, а тільки створює окремі осередки займання.

На основі стандарту ISO 7165:2017 розроблено проект методики з визначення вогнегасної ефективності порошків цільового призначення, які використовуються в Україні. Визначена необхідна кількість палива для загоряння магнію та його сплавів під час випробувань. Встановлено, що для загоряння магнієвої стружки необхідно використовувати не менше 127 грам бензину марки А 92.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розкритті особливостей впливу та співвідношень компонентів вогнегасного порошку спеціального призначення, а також параметрів технічного засобу його подавання, на ефективність припинення горіння магнію та його сплавів. При цьому:

- уперше науково обґрунтовано і розроблено нову рецептуру та технічні вимоги вогнегасного порошку спеціального призначення з вмістом хлориду натрію (73,5%, мас.), шлаку металургійного виробництва (25%, мас.) та гідрофобного аеросилу (1,5%, мас.).

- уперше із застосуванням програмного продукту COSMOSFloWorks змодельовано процес руху та траєкторії твердих частинок запропонованого вогнегасного порошку для гасіння пожеж класу D і науково обґрунтовано параметри насадки-заспокоювача порошкового вогнегасника, придатного для припинення горіння магнію та його сплавів на початковій стадії виникнення пожежі класу D;

- набула подальшого розвитку методика з визначення ефективності гасіння пожеж класу D (гасіння магнію, алюмінію та їх сплавів) вогнегасними порошками спеціального призначення;

- удосконалено технічний засіб пожежогасіння, застосування якого підвищує ефективність гасіння пожеж класу D, зокрема, магнію та його сплавів, завдяки оптимізації насадки-заспокоювача порошкового вогнегасника, спорядженого розробленим вогнегасним порошком для гасіння пожеж класу D на основі вітчизняної сировинної бази.

Таким чином елементи наукової новизни, їх кількість та кваліфікаційні ознаки відповідають нормативним вимогам.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, які сформульовані у дисертації

Детальне ознайомлення з текстом дисертації **Марича В. М.** дає підстави стверджувати, що підхід здобувача до теоретичних та експериментальних проблем, пов'язаних з підвищенням достовірності результатів досліджень рецептур вогнегасних порошків та засобів його подачі, відзначається фундаментальністю та ґрунтовністю дослідження. Автором були використані:

- статистичний аналіз пожеж, які спричинені магнієм та його сплавом;
- досліджено велику кількість хімічних складників на ефективність гасіння пожеж класу D магнію та його сплавів і засобів його подачі із застосуванням розроблених методик, математичного моделювання за допомогою сучасних програмних комплексів.

Слід відзначити досить широку експериментальну базу дисертаційної роботи, яку склали результати низки кількісних та якісних досліджень, а саме:

- експериментальні методи розроблення рецептури вогнегасного порошку спеціального призначення КМ-1, яка випробувана у полігонних умовах;
- експериментальні дослідження оптимальної конструкції насадки-заспокоювача для подачі вогнегасного порошку спеціального призначення;
- експериментальні дослідження з визначення вогнегасної ефективності розробленого вогнегасного порошку для гасіння пожеж класу D та запропонованого технічного засобу його застосування в полігонних умовах.

В цілому наукові результати, які отримані в дисертаційній роботі, є науково обґрунтованими, бо отримані при проведенні на сучасному науковому рівні числових та експериментальних досліджень, адекватність яких підтверджена порівнянням відповідних результатів з достатньою точністю.

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

- здобувачем розроблено методика для визначення вогнегасних характеристик окремих компонентів вогнегасного порошку і сумішей для гасіння пожежі магнію та його сплавів в лабораторних умовах;
- розроблено конструкцію насадки-заспокоювача для подавання вогнегасного порошку та виготовлено її експериментальний взірець;
- розроблено рецептуру вогнегасного порошку спеціального призначення, що дасть змогу виготовляти в Україні вогнегасні засоби для гасіння пожеж класу D;
- дослідний зразок вогнегасника, заповненого вогнегасним порошком спеціального призначення та оснащеного розробленою насадкою-

заспокоювачем, застосовується пожежно-рятувальними підрозділами ОРС ЦЗ ДСНС України у Львівській області та отримав схвальні відгуки (акт впровадження від 26 грудня 2018 року);

- результати досліджень використовуються у навчальному процесі ЛДУБЖД при викладанні дисциплін «Пожежна тактика», «Тактика пожежогасіння та рятувальних робіт», «Пожежна техніка» та «Охорона праці в галузі» (акт впровадження від 15 листопада 2018 року);

- дослідження використовуються на ТзОВ НВП «Вогнеборець» при розробці та виготовленні насадки-заспокоювача, вогнегасного порошку для гасіння пожеж класу D, для гасіння магнію та його сплавів (акт впровадження від 15 листопада 2018 року);

- поданий на розгляд проект «Методики з визначення ефективності гасіння пожеж класу D (гасіння магнію, алюмінію та їх сплавів) вогнегасними порошками спеціального призначення» у Державному центрі сертифікації ДСНС України (акт впровадження від 30 січня 2019 року);

- подано 2 заявки на отримання патентів України на винахід: «Вогнегасний порошок спеціального призначення «КМ-1»; «Заспокоювач для подавання вогнегасного порошку при гасінні пожеж класу D1».

Особистий внесок здобувача в отриманих результатах

Дисертація є самостійною роботою автора. Особистий внесок здобувача полягає в:

- проведенні аналізу сучасного стану питання щодо розроблення і застосування вогнегасних порошків для гасіння пожеж класу D;

- розробленні методики та проведенні дослідження з виявлення впливу і співвідношень компонентів вогнегасного порошку для гасіння пожеж класу D із вітчизняної сировини на показники його якості, за результатами яких розроблена рецептура вогнегасного порошку спеціального призначення КМ- 1;

- вдосконаленні математичної моделі SolidWorks та з її застосуванням змодельовано процеси формування струменів вогнегасного порошку насадкою-заспокоювачем порошкового вогнегасника спеціального призначення;

- розробці методики визначення ефективності вогнегасних порошків спеціального призначення, сутність якої полягає у гасінні модельних вогнищ пожеж класу D з наявністю магнію та його сплавів випробувальним пристроєм типу вогнегасника із запропонованою насадкою-заспокоювачем;

- проведенні дослідження з визначення вогнегасної ефективності розробленого вогнегасного порошку для гасіння пожеж класу D та запропонованого технічного засобу його застосування в полігонних умовах;

- розробці проектів технічних документів на їх виготовлення та використання для припинення горіння магнію та його сплавів на початковій стадії виникнення пожежі класу D;

- проведенні розрахунку очікуваного економічного ефекту від застосування запропонованого способу гасіння пожеж класу D з наявністю магнію та його сплавів;
- проведенні науково обґрунтованого аналізу отриманих результатів;
- оформленні результатів дисертаційного дослідження.

Оцінка змісту та завершеності дисертації

Варто відзначити добру структурованість та якісне оформлення роботи, логічність викладу та застосування сучасного наукового апарату при проведенні теоретичних та експериментальних досліджень.

Справляє позитивне враження база інформаційних джерел роботи. Видання, включені до списку використаної літератури, насамперед зарубіжної, свідчать про ґрунтовне опрацювання проблеми, достатньо високий рівень наукової підготовки здобувача, його наукову зрілість.

Завершується робота досить розгорнутими висновками, які впливають зі змісту роботи, є логічними і слугують віддзеркаленням основних результатів дисертаційного дослідження.

Виходячи з аналізу основної частини дисертації, можна зробити обґрунтований висновок, що мета дисертаційної роботи в ході виконання дослідження була досягнута, а дисертація є завершеною науковою кваліфікаційною працею.

Значення одержаних результатів для науки й практики та рекомендації щодо їх можливого використання

Результати дисертаційного дослідження характеризуються теоретичною та практичною значущістю. Вони можуть бути використані:

- для подальшого теоретичного й експериментального дослідження підвищення ефективності порошкового пожежогасіння магнію та його сплавів, а також інших горючих речовин, пожежі яких віднесені до класу D;
- у практиці – при розробці та виготовленні насадки-заспокоювача, вогнегасного порошку для гасіння пожеж класу D;
- у навчальному процесі – при викладанні дисциплін «Пожежна тактика», «Тактика пожежогасіння та рятувальних робіт», «Пожежна техніка» та «Охорона праці в галузі» і у споріднених вищих навчальних закладах.

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації в опублікованих працях. Апробація роботи

Основні положення та висновки дисертаційної роботи викладено у 13 опублікованих наукових працях, із них 6 – у фахових наукових виданнях (з них одна входить в базу Scopus), 7 – у збірниках матеріалів науково-практичних конференцій, подано 2 патенти України на винахід. Їх кількість та науковий рівень повністю відповідає вимогам до кандидатських дисертацій.

Таке представлення результатів наукової роботи є більш ніж достатнім. Кількість публікацій, обсяг, якість, повнота висвітлення результатів та розкриття змісту дисертації відповідає вимогам ДАК України. Зазначені публікації повною мірою висвітлюють основні наукові положення дисертації.

Основні положення дисертації оприлюднені, висвітлені і обговорені, тобто апробовані на науково-технічних семінарах та науково-практичних конференціях, серед яких: міжнародній науково-практичній конференції «Пожежна та техногенна безпека. Теорія, практика, інновації» – (Львів, 2016 р.); VIII Міжнародній науково-практичній конференції. «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій» – (Черкаси, 2017 р.); III Міжнародній науково-практичній конференції «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи» – (Львів, 2018 р.); IX Міжнародній науково-практичній конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій» – (Черкаси, 2018 р.). 20 Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку» – (Київ, 2018 р.). XVII Міжнародній науково-методичній конференції «Безпека життя і діяльність людини – освіта, наука, практика» – (Рівне, 2019 р.).

Спрямованість науково-практичних конференцій, де відбувалася апробація дисертаційного дослідження, характер статей здобувача, в яких відображено положення дисертації і результати проведених досліджень, повною мірою розкривають науково-практичну проблему підвищення ефективності порошкового пожежогасіння магнію та його сплавів.

Загалом вважаю, що дисертація пройшла належну апробацію, вона є самостійною науковою працею, що має завершений характер і належне впровадження.

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації

Ознайомлення з текстом автореферату дисертації дає підстави стверджувати, що за структурою та змістом він відповідає вимогам, що ставляться МОН України. У тексті автореферату відображено основні положення, зміст, результати і висновки дисертаційного дослідження. Зміст автореферату та основні положення дисертації є ідентичними.

Пропозиції та зауваження

Позитивно оцінюючи здобутки автора, вважаю за необхідне зазначити наступні дискусійні положення та зауваження до поданої дисертаційної роботи:

1. На стор. 5 у якості недоліка методики проведення випробувань з визначення вогнегасної ефективності вогнегасних порошоків з гасіння магнію та його сплавів за ISO 7165 вказана відсутність даних щодо необхідної кількості бензину для підпалювання модельного вогнища. Але застосування бензину взагалі не передбачено цією методикою, як і взагалі жодними

міжнародними та регіональними стандартами (ISO, EN, UL, FM, ANSI тощо) згідно з вимогами яких проводять вогневі випробування вогнегасних речовин та технічних засобів пожежогасіння.

2. У таблицях 2.8, 2.9 (розділ 2.6) наведені показники якості вогнегасного порошку КМ-1, але не дано посилань на нормативні документи, згідно з якими вони визначались. Особливо важливо знати за якою методикою визначалось значення вогнегасної здатності. Крім того, у тексті не вказано, чи компонентний склад цього порошку є аналогічним складу № 2 у таблиці 2.4.

3. У таблицях 3.1 – 3.11, де наведені результати експериментів з визначення найкращих конструктивних параметрів заспокоювача, у стовпчиках 7 та 8 допущено некоректність: у стовпчику 8 насправді вказано значення відхилення від середнього значення відповідного параметру (маси, часу) з відповідною розмірністю, а не у %; у стовпчику 9 – це значення перераховано у відсотках до середнього.

4. Текст проекту «Методики випробування вогнегасних порошків спеціального призначення» більш доцільно було б навести у Додатку, а у розділі 4.3 навести перелік основних параметрів порошку та вказати відмінності від методики міжнародного стандарту ISO 7165, яку автором взято за основу.

5. Під час розрахунку економічного ефекту від впровадження вогнегасного порошку КМ-1 не зовсім коректне порівняння сумарної вартості його компонентів з відпускними цінами вогнегасних порошків виробництва Росії (отримано розрахунковий позитивний «ціновий ефект» у 1,9 раз (6,14 грн. та 12 грн. за 1 кг)). У той же час вогнегасні порошки для гасіння пожеж класу D, наприклад фірми ANSUL (США), пропонуються за цінами більше 280 грн. за 1 кг.

Загальний висновок

Дисертаційна робота на тему: «Підвищення ефективності порошкового пожежогасіння магнію та його сплавів», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека, є завершеною, самостійно підготовленою кваліфікаційною науковою працею. В ній отримані нові науково обґрунтовані та практично цінні результати, що вирішують важливу задачу, що полягає у розкритті особливостей впливу виду, співвідношення компонентів, а також засобів подавання вогнегасного порошку спеціального призначення на ефективність процесів припинення горіння магнію та його сплавів.

Актуальність обраної теми дисертації, ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, новизна та повнота викладу в опублікованих працях повністю відповідають вимогам до кандидатських дисертацій.

Наведені зауваження не знижують наукове значення роботи, не ставлять під сумнів отримані здобувачем результати і мають сприяти його подальшій науковій роботі.

Вважаю, що дисертаційна робота на тему: «Підвищення ефективності порошкового пожежогасіння магнію та його сплавів», яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека, відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року, а її автор – Марич Володимир Михайлович – заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека.

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
начальник відділу автоматизованих
систем пожежогасіння
науково-виробничої фірми «Фактор»

В. О. Дунюшкін - В. О. Дунюшкін

«17» травня 2019 р.

Підпис к.т.н., с.н.с. Дунюшкіна В.О. засвідчую:

Згідно з оригіналом
Мазаракшич ВК



The stamp is circular and contains the following text: "М. Київ * Україна * Товариство з обмеженою відповідальністю", "НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ФІРМА 'ФАКТОР'", "Ідентифікаційний код 13672801", and "СІМ'Я ПРАЦІВНИКІВ".