

## ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Гусара Богдана Миколайовича "Вдосконалення технології гасіння пожеж класу D та A, B", поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 26 "цивільна безпека" за спеціальністю 261 "пожежна безпека"

Дисертаційна робота Гусара Б.М. присвячена важливій науково-технічній задачі – підвищення ефективності пожежогасіння пожеж класу D (магнію, алюмінію та їх сплавів), а також пожеж класу A, B шляхом розроблення рецептури вогнегасного порошку спеціального призначення та використанням методу комбінованого гасіння пожежі класу D, A, B вогнегасним порошком та піною підвищеної стійкості.

**Актуальність теми дисертації.** Використання магнію та його сплавів є практичним та ефективним у промисловості як в Україні, так і за її межами. Горіння магнію, алюмінію, титану та їх сплавів відносяться до пожеж класу D. Пожежі цих металів розвиваються дуже швидко і при високих температурах.

Магній та алюміній і їх сплави часто використовують в апаратах космічної та авіаційної техніки, автомобілебудуванні, різних агрегатах і відповідальних приладах. Протягом майже ста років алюмінієві сплави застосовуються в будівництві будинків і офісних будівель.

Алюмінієві порошки застосовують як компонент вибухових речовин, піротехнічних сумішей і твердого ракетного палива. Внаслідок реакції окиснення алюмінію виділяється велика кількість енергії, тому легкі речовини, які входять до складу вибухових речовин чи палива, нагріваються до високої температури. Практично загасити пожежі магнію і алюмінію дуже важко і при сучасних технологіях гасіння практично не можливо.

Магній, алюміній та їх сплави використовують у військовій галузі при виготовленні запалювальних гранат. Їх застосування зросло за останні роки на стадіонах, для світлошумових ефектів, на Сході нашої держави, де їх використовують для підпалу складів з боєприпасами, гасіння таких пожеж ускладнюється через те, що магній розбризкується на великі площі або по всьому приміщенні і, тим самим, збільшуючи площу горіння, швидко займаються дерев'яні ящики з боєприпасами і ускладнюється процес гасіння. Тому виникає необхідність у застосуванні ефективних методів та способів гасіння такого класу пожеж. Збитки від таких пожеж сягають млрд. гривень. Пожеж одного класу D, як правило, не буває. Можуть виникати з початку пожежі класу D, а потім A, B, або навпаки пожежі ЛЗР, або твердих

горючих матеріалів, а потім пожежі легких металів, які потребують комбінованих способів гасіння, при цьому треба враховувати високу температуру горіння магнію, підсилення горіння при гасінні водою, CO<sub>2</sub>, азотом. При подаванні вогнегасної речовини під високим тиском магній та його сплави розбризкуються та збільшують площу горіння. В Україні не виготовляються порошки для гасіння пожеж класу D та A, B.

Отже, необхідно розробити рецептуру вогнегасного порошку та вдосконалити технологію гасіння комбінованих пожеж, зважаючи на особливості горіння магнію, алюмінію та їх сплавів.

**Зв'язок теми дисертації 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) наявності сполук магнію» (номер державної реєстрації 0117U005254), у якій здобувач був відповідальним виконавцем.

**Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях.** Основні наукові положення дисертації, висновки та рекомендації в повній мірі опубліковані в 10 наукових працях, із них 5 – у фахових наукових виданнях (з них дві входять в базу Scopus), 4 – у збірниках матеріалів науково-практичних конференцій, 1 патент на корисну модель. Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам п. 11 ПКМУ від 6 березня 2019 р. №167 "Про проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії".

#### **Список опублікованих праць за темою дисертації:**

##### ***Наукові статті у фахових виданнях***

1. Ковалишин В.В., Кирилів Я.Б., Войтович Т.М., Гусар Б.М. Перспективи розвитку пінного гасіння / Інститут державного управління у сфері цивільного захисту, XVI Міжнар. виставковий форум „Технології захисту/ ПожТех – 2017”. С. 208-210.

2. Обґрунтування методики випробувань вогнегасних порошків спеціального призначення / В.В. Ковалишин, В.М. Марич, Б.М. Гусар та ін. Пожежна безпека. 2018. № 33. С. 53–59. doi: 10.32447/20786662.33.2018.07

3. Improvement of a discharge nozzle damping attachment to suppress fires

of class D / V.V. Kovalyshyn, V.M. Marych, Y.M. Novitskyi, B.M. Gusar, V.V. Chernetskiy, O.L. Mirus. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 5, Issue 5 (95). P. 68–76. doi: 10.15587/1729-4061.2018.144874

4. Гусар Б.М., Ковалишин В.В., Марич В.М., Лозинський Р.Я., Пастухов П.В. Комбіноване гасіння пожеж класу D та A, B / Пожежна безпека: Зб. наук. пр. Львів: ЛДУБЖД, 2019. №35. С. 30-34. DOI: 10.32447/20786662.35.2019.05

5. B. Gusar, V. Kovalyshyn, S. Pozdieiev, Vol. Kovalyshyn, O. Zemlianskyi, K. Myhalenko. Thermotechnical properties of the fireextinguishing powder for extinguishing materials based on magnesium alloy chips / *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol 2, No 10 (104) (2020). P. 46-53. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.201748.

#### ***Матеріали та тези конференцій***

6. Ковалишин В.В., Марич В.М., Войтович Т.М., Гусар Б.М. Використання екологічно прийнятних вогнегасних речовин / *Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи* : Матер. III Міжнар. наук.-практ. конф., м. Львів, 14 вересня 2018 р. Львів, 2018. С. 42–43.

7. Гусар Б.М., Федюк Я.І., Ковалишин В.В. Створення безпечних умов при гасінні пожеж класу D / *Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності*: XIV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів (28-29 березня 2019 р.). Львів. С. 24-25.

8. Ковалишин В.В., Марич В.М., Гусар Б.М. Аналіз методик випробувань вогнегасних порошків спеціального призначення / *Розвиток цивільного захисту в сучасних безпекових умовах*: 21 Всеукр. наук.-практ. конф. (за міжнародною участю) XVIII Міжнар. спеціалізована виставка“ Технології захисту / Пож Тех - 2019” (8 жовтня 2019 р). Київ. С. 122-125.

9. Гусар Б.М., Ковалишин В.В., Марич В.М. Вдосконалення технології гасіння пожеж класу D та A, B / *Надзвичайні ситуації: безпека та захист*: Матер. X Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнародною участю (29-30 жовтня 2020 р.). Черкаси. С. 133-134.

#### ***Патенти:***

10. Патент на корисну модель № 145068 Україна. Вогнегасний порошок спеціального призначення для комбінованого гасіння пожеж класу

**Особистий внесок здобувача у наукових публікаціях, опублікованих із співавторами полягає:** в самостійному аналізі літературних джерел, формулюванні мети і завдань досліджень, обґрунтуванні методології та виборі методик, у плануванні і безпосередньому проведенні лабораторних та полігонних випробувань з узагальненням одержаних результатів. Особистий внесок у наукових працях, опублікованих за співавторства, відображено в дисертації, зокрема:

[1] – формував пропозиції до використання вогнегасних пін;

[2, 10] – визначив проблему дослідження, проаналізував відомі методи і способи гасіння магнію та його сплавів, провів дослідження за запропонованою методикою;

[3] – провів випробування нової насадки-заспокоювача;

[4, 9] – провів теоретичне і експериментальне дослідження процесу гасіння комбінованих пожеж, брав участь у розробці вогнегасного порошку, дослідив складники вогнегасних порошоків на основі хлориду натрію з добавкою меленого шлаку амофосу та аеросилу, і встановив оптимальний склад вогнегасної суміші у відсотковому відношенні для гасіння пожеж легких металів на прикладі магнію та його сплавів;

[5] – запропонував математичну модель, яка описує теплові процеси під час гасіння легких металів вогнегасним порошком. Взяв участь у проведенні дослідів та у формуванні висновків;

[6, 7, 8] – брав участь у формуванні висновків з використання екологічно прийнятних вогнегасних порошоків, апробації методик досліджень.

Співавтори вказаних робіт за даними дослідженнями дисертації не захищали, а на спільно виконані роботи є посилання на джерело та відзначений особистий внесок. Всі основні результати дисертаційного дослідження отримані автором самостійно. Керівник роботи і здобувач спільно сформулювали задачі та загальні висновки.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на 4 міжнародних науково–практичних та науково–технічних конференціях, зокрема: Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і

перспективи: Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 14 вересня 2018 р.; XIV Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, курсантів та студентів Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності ( 2019 р.); 21 Всеукраїнська науково-практична конференція (з міжнародною участю) Технології захисту ПожТех-2019, Київ; Всеукраїнська конференція з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист», Черкаси, 2020 р.

**Наукова новизна результатів дисертації** полягає у розкритті особливостей впливу та співвідношень компонентів вогнегасного порошку спеціального призначення, а також у вдосконаленні технології комбінованого гасіння пожеж класу D, A, B:

*у перше:*

– науково обґрунтовано і розроблено нову рецептуру вогнегасного порошку спеціального призначення з вмістом хлориду натрію (до 58 %, мас.), шлаку металургійного виробництва (до 20 %, мас.) та гідрофобного аеросилу (до 1,5 %, мас.), амофосу (до 20,5 %);

– створена математична модель для визначення температури на не обігріваній стороні ізолювального шару вогнегасного порошку та інтенсивності гасіння на прикладі порошку спеціального призначення KM-2 для гасіння пожеж класу D, A, B. На основі створеної моделі був визначений коефіцієнт тепловіддачі, між не обігріваною стороною ізолювального шару вогнегасного порошку та навколишнім середовищем, що становить  $\alpha = 395,733 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , і досліджена залежність ефективного коефіцієнта теплопровідності від товщини цього шару. Показано, що ця залежність близька до лінійної, і може бути описана формулою  $\lambda(\delta) = - 0,016 + 93,907 \cdot \delta$ ;

– розроблено методику визначення необхідної кількості вогнегасного порошку для досягнення відповідного ізолювального ефекту, і на основі цієї методики визначена мінімальна товщина шару цього вогнегасного порошку  $\delta = 45,2 \text{ мм}$ ;

– *набула подальшого розвитку* технологія комбінованого гасіння пожеж класу D (гасіння магнію, алюмінію та їх сплавів) та A, B вогнегасними порошками спеціального призначення та пінами підвищеної стійкості.

**Теоретичне значення результатів** роботи полягає у розкритті особливостей гасіння пожеж "комбінованим" способом: Розроблено

методику визначення необхідної кількості вогнегасного порошку для досягнення відповідного ізолювального ефекту. Розроблено метод комбінованого гасіння пожеж класу А,В, D порошком КМ-2 та піною підвищеної стійкості.

**Практичне значення результатів** дослідження полягає в наступному: Вдосконалена технологія гасіння комбінованих пожеж класу D, А, В. 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 позитивні відгуки. Результати досліджень використовуються у навчальному процесі ЛДУБЖД при викладанні дисциплін «Тактика пожежогасіння та рятувальних робіт», «Пожежна техніка» та «Охорона праці в підрозділах ДСНС», «Пожежна тактика», на ТзОВ НВП «Вогнеборець» при розробці та виготовленні насадки-заспокоювача, вогнегасного порошку для гасіння пожеж класу D. Подано 3 патенти України на винахід: «Вогнегасний порошок спеціального призначення «КМ-1»; «Заспокоювач для подавання вогнегасного порошку при гасінні пожеж класу D1». Вогнегасний порошок спеціального призначення «КМ-2».

#### **Оцінка дисертації, зауваження, оформлення дисертації.**

Робота є завершеним науковим дослідженням, яке відповідає сформульованій меті.

В результаті розгляду дисертації виявлено ряд недоліків та зауважень:

1. У дослідженнях використовується тільки порошок КМ-1 та КМ-2 доцільно було б використати та порівняти з іноземними порошками.
2. Є зміст обґрунтувати горюче навантаження при дослідженні макетних пожеж класу D та А.
3. У експериментальних дослідженнях не обґрунтовуються розміри установки на якій проводились випробування порошку КМ-2.
4. Дослідження на можливість використання за призначенням КМ-2 доцільно було б провести на модельних вогнищах класу А.
5. Не роз'яснено чому у методиці [104] пропонується вогнегасний пристрій на 13,6 л, а для гасіння макетних пожеж використовується вогнегасник ВП-50.
6. Не обґрунтована температура на границі із повітрям 80 °С табл. 3.5.

Проте, вказані вище зауваження не зменшують вагомості результатів дослідження та не зменшують загального теоретичного і практичного значення дисертаційної роботи.

**Загальна оцінка дисертаційної роботи.** Дисертаційна робота Гусара Б.М. “Вдосконалення технології гасіння пожеж класу D та A, B” на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 261 – «пожежна безпека», містить нові експериментальні дані та теоретичні положення, що є важливими для вдосконалення існуючих методів боротьби з комбінованими пожежами металів, твердих горючих речовин і горючих рідин.

Дисертація *Гусара Б.М.* задовольняє вимогам п. 10 ПКМУ від 6 березня 2019 р. №167 «Про проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», а її автор заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 261 – пожежна безпека.

**Офіційні рецензенти:**

начальник навчально-наукового  
інституту цивільного захисту  
Львівського державного університету  
безпеки життєдіяльності,  
доктор технічних наук, доцент



**Василь ПОПОВИЧ**

доцент кафедри цивільного захисту  
та комп'ютерного моделювання  
екогеофізичних процесів  
Львівського державного університету  
безпеки життєдіяльності  
кандидат технічних наук, доцент



**Василь ЛОЇК**

