

*Б. М. Гусар, В. В. Ковалишин, В. М. Марич, Р. Я. Лозинський, П. В. Пастухов*  
*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

## КОМБІНОВАНЕ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ КЛАСУ D ТА A, B

Сфера застосування магнію і алюмінію та їх сплавів в промисловості, будівництві та побуті з часом розширюється. Чистих пожеж класу D, до яких відноситься горіння магнію, алюмінію та їх сплавів, як правило, не буває. Проблема полягає в тому, що температура горіння магнію та його сплавів може зростати понад 2800 °C, горить магній навіть в атмосфері азоту і вуглекислого газу, що дуже ускладнює гасіння. Гасіння магнію є дуже складним процесом, тому що при потраплянні води в магній чи інші легкі метали, посилюється горіння і збільшується площа пожежі. Проте, що чистих пожеж класу D буває це свідчать пожежі на військових складах, та інших об'єктах. Спочатку виникають пожежі легких металів, а потім від їх горіння пожежа розповсюджується на обладнання, техніку тощо.

Основною метою роботи є дослідження гасіння легких металів та пожеж класу A і B шляхом комбінованого гасіння за допомогою вогнегасного порошку спеціального призначення та піноутворювача підвищеної стійкості.

Досліджено стан вирішення проблем гасіння пожеж на об'єктах з використанням легких металів (магнію, алюмінію та їх сплавів) та визначені напрями підвищення ефективності їх протипожежного захисту. Пожежі класу D протікають при високих температурах, можуть призводити до вибухів. Сценарії розвитку пожеж можуть бути різноманітні: на початку пожежа легких металів а потім пожежі класу A, B; пожежа легкозаймистих рідин (ЛЗР) або твердих горючих матеріалів, а потім пожежі легких металів, які потребують комбінованих способів гасіння. Розроблена рецептура порошку для гасіння пожеж класу A, B, D і електроустановок під напругою до складу якої входить: хлорид натрію, доменний шлак, амофос, аеросил. Випробування цього порошку проводилась в лабораторних умовах з використанням стружки сплавів магнію і алюмінію. Площа горіння у всіх дослідках однакова  $2,85 \times 10^{-2} \text{ м}^2$ . Оцінку якості порошку проводили за показником інтенсивності гасіння пожежі класу D та за часом гасіння пожежі класу B. Запропонований, в результаті лабораторних випробувань порошок КМ-2, апробований на гасінні пожеж 21В, 1А та при горінні стружки магнієвих сплавів. Дослідження з комбінованого гасіння проведено на пожежах D і A в польових умовах, на макетних пожежах. Запропонований комбінований спосіб гасіння порошком з наступним покриванням всієї площі горіння піною середньої кратності підвищеної стійкості дає змогу загасити пожежу на загальній площі 2,5 м<sup>2</sup> за 45 с. Проведено успішне гасіння порошком КМ-2 вогнищ пожеж класу D і B, що свідчить про ефективність розробленого порошку.

Висновки: розроблена рецептура універсального порошку КМ 2 для гасіння пожеж класу D, A, B, яка складається з хлориду натрію, амофосу, шлаку, аеросилу; - проведено успішне гасіння порошком КМ-2 вогнищ пожеж класу D і B, що свідчить про ефективність розробленого порошку; розроблена технологія комбінованого гасіння пожеж класу D і A.

**Ключові слова:** легкі метали, магнієві сплави, гасіння горіння магнію, технологія гасіння, вогнегасний порошок КМ-2.

**Вступ.** Безпека в природно-техногенній сфері є важливою проблемою не тільки в Україні, але і в усьому світі. Останні події показали, що науково-технічний прогрес несе в собі не тільки благо, але і нові небезпеки, зростання техногенних негативних подій.

У зв'язку з стрімким розвитком космічної та авіаційної техніки, автомобілебудування, електроенергетики в Україні виникає необхідність обґрунтованого захисту цих об'єктів з точки зору пожежної безпеки та пошуку альтернативних методів ліквідації пожеж, що виникають на них. Вагомим показником необхідності їх захисту є значні матеріальні втрати спричинені виникненням пожеж на цих об'єктах. В умовах дефіциту магнію також актуальною є завдання більш раціонального використання наявних ресурсів металу, скоро-

чення втрат його на всіх етапах переробки та використання.

Використання магнію в апаратах космічної та авіаційної техніки, автомобілебудуванні, різних агрегатах і відповідальних приладах висуває особливі вимоги до технології виробництва литва з магнієвих сплавів. Потреба народного господарства в магнії і магнієвих сплавах значно перевищує їх виробництво.

Необхідність підвищення рівня пожежної безпеки об'єктів електроенергетики та виробництва магнію пов'язані з їхнім комплексним захистом.

**Актуальність.** Чистих пожеж класу D, як правило, не трапляється. Про це свідчать пожежі на військових складах у Запорізькій області та багатьох інших об'єктах [1, 2, 3]. Можуть ви-

никати спочатку загорання легких металів, від яких загоряється горючий матеріал тара, автомобілі, обладнання, легкозаймисті горючі речовини або навпаки спочатку виникає загорання твердих горючих матеріалів, ЛЗР, а потім пожежі легких металів, які потребують комбінованих способів гасіння, при цьому треба враховувати високу температуру горіння магнію. Магній – сріблястобілий блискучий метал, порівняно м'який і пластичний, гарний провідник тепла і електрики. Майже в 5 разів легший від міді, в 4,5 раза легший від заліза; навіть алюміній в 1,5 раза важчий від магнію. Плавиться магній при температурі 651 °С, але у звичайних умовах розплавити його досить важко: нагрітий на повітрі до 550 °С він спалахує і миттєво згоряє сліпучо-яскравим полум'ям. Смужку магнієвої фольги легко підпалити звичайним сірником, а в атмосфері хлору магній самозаймається навіть при кімнатній температурі. При горінні магнію виділяється велика кількість ультрафіолетових променів і тепла – щоб нагріти склянку крижаної води до кипіння, потрібно спалити всього 4 г магнію [1, 2]. При подачі вогнегасної речовини під високим тиском легкі метали та їх сплави розбризкуються із збільшенням площі горіння.

Необхідно розробити технологію гасіння пожеж класу А, В, D:

- вогнегасними порошками, які б могли гасити комбіновані пожежі зважаючи на особливості горіння легких металів;
- застосовуючи технології комбінованого гасіння з використанням D-порошків та піни підвищеної стійкості.

Метою роботи є дослідження гасіння легких металів та пожеж класу А і В шляхом комбінованого гасіння за допомогою вогнегасного порошку спеціального призначення та піноутворювача підвищеної стійкості.

**Викладення основного матеріалу.** При гасінні вогнегасними порошками спостерігається розпорошення порошка в об'ємі. А при горінні сплавів легких металів, в тому числі і магнію, необхідно поверхню горіння накрити вогнегасним порошком та ізолювати горючий метал і не дати розповсюдитись горінню по площі. В попередніх дослідженнях була розроблена рецептура порошку КМ-1. Розрахований в основному на гасіння пожеж класу D. Нами розроблена рецептура нового порошку для гасіння пожеж класу D, А, В. Випробування порошку проводимо по методиці запропонованій нами [4].

При горінні магнію та його сплавів температура може зростати понад 2000 °С. Тому деко для насипання стружки сплаву магнію має бути з термостійкого матеріалу. Стружку магнію важко підпалити, для цього використовуємо газовий пальник.

Алгоритм дослідження та розробки технології вказаний на рис. 1.

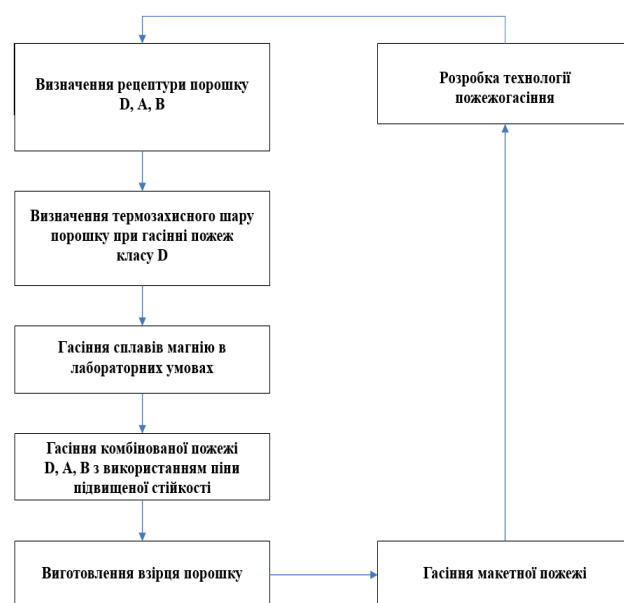


Рисунок 1 – Алгоритм дослідження

Щоб визначити вогнегасні характеристики порошку, різної рецептури для гасіння магнієвих сплавів, необхідно провести вогневі випробування. Експеримент в лабораторних умовах пропонуємо проводити за вдосконаленою методикою [6, 7].

Увімкнути обладнання, перевірити його справність. В якості пожежного навантаження використовуємо стружку сплаву магнію з якого виготовляють барабани коліс літаків, та блок бензинового двигуна. Підготуємо наважку вогнегасних речовин. Стружку сплаву магнію (20 г) висипаємо на термостійке деко та рівномірно розподіляємо по площі 15x19 см<sup>2</sup>. Деко встановлене у лабораторній шафі. Увімкнули вентиляцію лабораторної шафи та одягнули засоби індивідуального захисту. Газовим пальником підпалюємо магнієвий сплав. Після розповсюдження полум'я на площу більше 50 % розпочинаємо процес гасіння однією з підготовлених вогнегасних речовин (рис. 2.1) [8, 9, 10].

Досліджуваний вогнегасний склад насипаємо на поверхню, що горить, рівномірно. Закриваємо засувки, видаляємо леткі продукти згорання в атмосферу при повній потужності вентиляційної системи. Результати гасіння (рис. 2.) зафіксовуємо в таблиці 2.1 знаючи витрату вогнегасної речовини, та час гасіння розраховуємо інтенсивність подачі вогнегасної суміші.



**Рисунок 2** – Випробування вогнегасного порошку різної рецептури в лабораторних умовах

Очищаємо випробувальну шафу від твердих залишків магнієвих сплавів. Інтенсивність подавання вогнегасного порошку визначаємо з формули 1.

$$I = m/F \cdot t \quad (1)$$

де  $I$  – інтенсивність подавання вогнегасного порошку на гасіння стружки магнію,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \times \text{с})$  ;  
 $m$  – маса порошку, витрачена на гасіння,  $\text{кг}$   
 $F$  – площа горіння магнію,  $\text{м}^2$   
 $t$  – час подавання вогнегасної речовини,  $\text{с}$ .

Площа горіння у всіх дослідах однакова  $2,85 \times 10^{-2} \text{ м}^2$ . Маса порошку, витрачена на гасіння, фіксується по факту гасіння.

**Таблиця 1**

Результати гасіння магнію та його сплаву різними вогнегасними складами, які містять хлорид натрію, мелений шлак з відходів металургійного виробництва, амофос та аеросил (A175)

№ з/п	Компоненти вогнегасного порошку			Інтенсивність $I$ , $\text{кг}/(\text{м}^2 \times \text{с})$
	NaCl, %	мелений шлак, %	амофос, %	
1	60	25	13,5	0,32
2	50	25	23,5	0,53
3.	53	25	20,5	0,5
4.	55	25	18,5	0,47
5.	58	25	15,5	0,35
6.	65	20	13,5	0,3
7.	55	20	23,5	0,47
8.	58	20	20,5	0,35
9.	60	20	18,5	0,34
10.	63	20	15,5	0,31
11.	55	30	13,5	0,49
12.	45	30	23,5	0,64
13.	48	30	20,5	0,57
14.	50	30	18,5	0,46
15.	53	30	15,5	0,43

В усіх випадках кількість аеросилу в рецептурі вогнегасних порошків становить 1,5 %.

Попередні випробування для встановлення якісних характеристик проводимо за допомогою порошкового вогнегасника ВП-1 на деках діаметром 0,4 м кількість пального 2 л води 4 л. Як видно з таблиці 2, кращі результати показав вогнегасний порошок складу 4 (амофос – 20,5 %, NaCl – 58 %, мелений шлак 20 %, аеросил – 1,5 %). Час гасіння становить 3,1 с.

**Таблиця 2**

Результати гасіння модельного вогнища з ВП-1

№ з/п	Компоненти вогнегасного порошку			Проміжок часу на гасіння, $t$ (с)
	NaCl, %	мелений шлак, %	амофос, %	
1.	60	25	13,5	8,5
2.	58	25	15,5	6,6
3.	53	25	13,5	7,3
4.	58	20	20,5	3,1
5.	63	20	15,5	5,2



**Рисунок 3** – Гасіння макетної пожежі класу В вогнегасним порошком КМ-2

Остаточні випробування проводимо за методикою відповідно ДСТУ 3675-98, як для вогнегасника ВП-2. Модельне вогнище представляє собою кругле деко діаметром  $0,72 \text{ м}^2$  відповідно до ДСТУ, в яке заливаємо 21 літр рідини, з них 1/3 вода 2/3 пальне марки А-92, тобто 14 літрів бензину. Для виготовлення порошку використовуємо рецептуру №4. Дослід виконуємо 3 рази оскільки за другим разом вогонь не був загашений.



**Рисунок 4** – Гасіння модельного вогнища 21В порошком КМ-2

Наступний дослід – це гасіння комбінованої пожежі з ВП-50 зарядженим порошком №4.



**Рисунок 5** – Комбінована пожежа магнію і деревини

Готуємо макетну пожежу горіння магнію, дерев'яних ящиків та бензину рис.5. За легендою горить запалювальна граната начинена магнієм біля складів з боєприпасами, або горить магнієва стружка в цеху і горіння розповсюдилось на дерев'яні, та картонні ящики з запчастинами. Спочатку подаємо вогнегасний порошок, а потім накриваємо піною підвищеної стійкості (рис.6).



**Рисунок 6** – Гасіння комбінованої пожежі деревини і магнію після подавання порошку піною підвищеної стійкості

Гасіння макетної пожежі пройшло успішно. Порошок накрив магнієву стружку, на верхньому шарі утворилась кірка. Піна, яка потрапила на цей шар не зруйнувалась. Вибухів від попадання піни на окремі частинки магнію від розкладання води, яка є в піні, не спостерігалось Крім того, піною підвищеної стійкості накрили вогнище класу А, горіння дерев'яних брусків, ящиків, паркету. Горіння було ліквідовано на площі 2,5 м<sup>2</sup> стволем ГПС-8 за 45 с.

#### **Висновки**

1. Розроблена рецептура порошку КМ 2 для гасіння пожеж класу D, A, B, яка складається з хлориду натрію, амофосу, шлаку, аеросилу.
2. Проведено успішне гасіння порошком КМ-2 вогнищ пожеж класу D і B, що свідчить про ефективність розробленого порошку.
3. Розроблена технологія комбінованого гасіння пожеж класу D і A. Отримано позитивні результати при гасінні макетної пожежі, вибухів і посилення горіння не спостерігалось, гасіння комбінованої пожежі було досягнуто на загальній площі 2,5 м<sup>2</sup> за 45 с.

#### **Список літератури:**

1. Проблеми гасіння магнію та його сплавів / В. В. Ковалишин, В. М. Марич, О. Л. Мірус, та ін. // Пожежна безпека : зб. наук. пр. Л. : ЛДУБЖД, 2016. № 28. С. 58-63.
2. <http://www.umoloda.kiev.ua/regions/0/0/28280/>
3. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества: ГОСТ Р 53280.5. 2009. №55 С.11.
4. Дослідження хімічних речовин, як складників вогнегасних порошків для гасіння легких металів / В. В. Ковалишин, В. М. Марич, О. Л. Мірус, та ін. // Пожежна безпека : зб. наук. пр. Л. : ЛДУБЖД, 2016. № 29. С. 46-56.
5. 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. Efst-ern-European Journal of Enterprise Technogies. 2018. Vol. 5, Issue 5 (95). P. 68–76. doi: 10.15587/1729-4061.2018.144874
6. Аналіз методів випробувань вогнегасних порошків з визначення їх вогнегасної здатності / С.Ю. Огурцов, І.Г.Стилик, А.В. Антонов // науковий вісник УкрНДІПБ, 2013. № 1 (27). С. 86-91.
7. Методи випробувань вогнегасних порошків з визначення їх вогнегасної здатності за класом пожежі D / А. В. Антонов, І. Г. Стилик // науковий вісник УкрНДІПБ, 2013, № 2 (28). С. 242-248.
8. 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

9. Основи експлуатації вогнегасників : навч. посіб. / Ковалишин В. В., Кріса І. Я., Васильєва О. Е., Кирилів Я. Б. Львів: СПОЛОМ, 2011. 304 с.

10. Баратов А. Н., Вогман Л. П. Огнетушащие порошковые составы. – М.: Стройиздат, 1982.

### References

1. Problemy hasinnia mahniiu ta yoho splaviv / V. V. Kovalyshyn, V. M. Marych, O. L. Mirus, ta in. // Pozhezhna bezpeka : zb. nauk. pr. L. : LDUBZhD, 2016. № 28. S. 58-63.

2. <http://www.umoloda.kiev.ua/regions/0/0/28280/>

3. Ustanovky pozharotushenyia avtomatycheskye. Ohnetushashchye veshchestva: HOST R 53280.5. 2009. №55 S.11.

4. Doslidzhennia khimichnykh rehovyn, yak skladnykiv vohnehasnykh poroshkiv dlia hasinnia lehkykh metaliv / V. V. Kovalyshyn, V. M. Marych, O. L. Mirus, ta in. // Pozhezhna bezpeka : zb. nauk. pr. L. : LDUBZhD, 2016. № 29. S. 46-56.

5. Improvement of a discharge nozzle damping attachment to suppress fires of class D / V. V. Ko-

valyshyn, V. M. Marych, Y. M. Novitskyi, B. M. Gusar, V. V. Chernetskiy, O. L. Mirus. Efst-ern-European Journal of Enterprise Technogies. 2018. Vol. 5, Issue 5 (95). P. 68–76. doi: 10.15587/1729-4061.2018.144874

6. Analiz metodiv vyprobuvan vohnehasnykh poroshkiv z vyznachennia yikh vohnehasnoi zdutnosti / S.Iu. Ohurtsov, I.H.Stylyk, A.V. Antonov // naukovyi visnyk UkrNDIPB, 2013. № 1 (27). S. 86-91.

7. Metody vyprobuvan vohnehasnykh poroshkiv z vyznachennia yikh vohnehasnoi zdutnosti za klasom pozhezhi D / A. V. Antonov, I. H. Stylyk // naukovyi visnyk UkrNDIPB, 2013, № 2 (28). S. 242-248.

8. Obhruntuvannia metodyky vyprobuvan vohnehasnykh poroshkiv spetsialnoho pryznachennia / V. V. Kovalyshyn, V. M. Marych, B. M. Husar ta in. // Pozhezhna bezpeka. 2018. № 33. S. 53-59. doi: 10.32447/20786662.33.2018.07

9. Osnovy ekspluatatsii vohnehasnykh : navch. posib. / Kovalyshyn V. V., Krisa I. Ya., Vasylijeva O. E., Kyriliv Ya. B. Lviv: SPOLOM, 2011. 304 s.

10. Baratov A. N., Vohman L. P. Ohnetushashchye poroshkovye sostavy. – М.: Stroizdat, 1982.

*B. M. Husar., V. V. Kovalyshyn, V. M. Marych, R. Ya. Lozynskyi., P. V. Pastukhov*

## COMBINED EXTINGUISHING OF CLASS D, CLASS A AND CLASS B FIRES

The scope of magnesium and aluminium and their alloys in industry, construction and life are expanding over time. As a rule, there are no clean fires of class D, which include combustion of magnesium, aluminium and their alloys. The problem is that the temperature of combustion of magnesium and its alloys can rise above 2800 Celsius degree. Magnesium burns even in the atmosphere of nitrogen and carbon dioxide and such fire is very difficult to extinguish. When water contacts the magnesium or other light metals, the area of fire expands.

The main purpose of this work is to study the combined extinguishing of light metals fires, Class A fires and class B fires with a special dry chemical powder and high resistance foaming agent.

The problem of extinguishing fires at objects with the using of light metals (magnesium, aluminium) and their alloys has been explored. Class D fires usually lead to class A and class B fires. They occur at high temperatures, and may cause explosions. Scenarios for the development of fires can be as follows: burning of light metals or solid combustible materials ad initium and light metal fire that requires combined extinguishing methods afterwards. Dry chemical powder formulation for extinguishing class A, B, D and and electrical installations under voltage, which includes: sodium chloride, blast furnace slag, ammophos, aerosol has been developed. Testing of this powder has been carried out in the laboratory using chips of magnesium and aluminium alloys. The combustion area in all experiments has been equal to  $2.85 \times 10^{-2}$  sq. m. The quality of the powder has been evaluated by the intensity of the D class fire and the extinguishing time of the B class fier. Dry chemical powder KM-2 has been tested for extinguishing fires 21B, 1A. and for magnesium alloy chips fires. Combined extinguishing tests were conducted on class D, class A and class B fires in field conditions. Method of combined extinguishing with the dry chemical powder followed by covering the entire burning area with high-expansion foam has been proposed (the fire with total area of 2.5 square meters has been extinguished for 45 s). Extinguishing methods have been tested on model fires. Safety measures for light metal extinguishing have been developed.

Conclusions: formulation for universal KM 2 dry chemical powder for extinguishing class D, A, B fires, which consists of sodium chloride, ammophos, slag, aerosil, has been developed. Successful extinguishing of class D and B fires has been carried out succesfully; technology of combined fire fighting D and A has been substantiated.

**Keywords:** light metals, magnesium alloys, magnesium fire extinguishing.