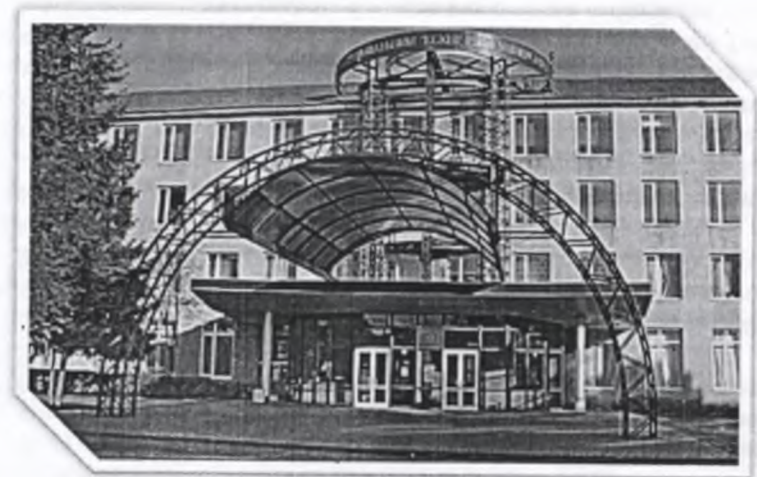


Луцький національний технічний університет

# Теорія та практика цивільної безпеки в Україні

МОНОГРАФІЯ



Луцьк –2020



Рекомендовано до друку Вченою радою  
Луцького національного технічного університету  
(протокол № 10 від 25 червня 2020 року)

## Рецензенти:

**Гудима Арсен Арсенович**, доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри медицини катастроф та військової медицини Тернопільського національного медичного університету ім. І.Я. Горбачевського.

**Ленгер Яна Іванівна**, доктор юридичних наук, професор, завідувач кафедри права Луцького національного технічного університету.

**Шваб'юк Василь Іванович**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри прикладної математики та механіки Луцького національного технічного університету.

Теорія та практика цивільної безпеки в Україні – колективна монографія / за наук. ред. доц. Федорчук-Мороз В.І. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2020. – 188 с.

Науковий редактор – к.т.н., доцент Федорчук-Мороз В.І.

В колективній монографії наведено результати досліджень теоретичних питань та практики гарантування цивільної безпеки в Україні, які дозволяють виявити резерви суспільства для стійкого розвитку та формувати практичні шляхи його укріплення.

Тематика та зміст розділів відображають результати основних напрямів досліджень у сфері цивільної безпеки, а саме: «Правові, екологічні та психологічні аспекти цивільної безпеки», «Міжнародний та вітчизняний досвід у підвищенні рівня безпеки та продуктивності праці», «Інженерно-технічні та організаційні засади забезпечення цивільної безпеки».

Збережена авторська орфографія, пунктуація та стилістика. Відповідальність за зміст матеріалів несуть автори.

ISBN 978-617-672-234-2

©авторські тексти,  
Луцький національний технічний університет, 2020

## АВТОРИ:

**Андрощук І.В.**, к.с.-г. н., доцент, завідувач кафедри цивільної безпеки, Луцький національний технічний університет

**Андрощук О.В.**, завідувач відділенням, КЗВО Волинський медичний інститут

**Березовецький А.П.**, к.т.н., доцент кафедри управління проектами та безпеки виробництва, Львівський національний аграрний університет

**Бондарчук Л.Ф.**, к.с.-г.н., доцент кафедри цивільної безпеки, Луцький національний технічний університет

**Бондарчук С.П.**, к.с.-г.н., доцент кафедри екології та агрономії, Луцький національний технічний університет

**Вербовий А.О.**, студент ННІ права, Університет державної фіскальної служби України, м. Ірпінь

**Вісин О.О.**, к.і.н., доцент кафедри цивільної безпеки, Луцький національний технічний університет

**Горностаї О.Б.**, к.т.н., доцент кафедри промислової безпеки та охорони праці, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

**Городецька Н.Г.**, к.п.н., доцент кафедри іноземних мов, Львівський національний аграрний університет

**Городецький І.М.**, к.т.н., доцент кафедри управління проектами та безпеки виробництва, Львівський національний аграрний університет

**Гусєв А.М.**, к.б.н., доцент кафедри охорони праці, промислової та цивільної безпеки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Древаль Ю.Д.**, д.держ.упр., професор кафедри охорони праці та техногенно-екологічної безпеки, Національний університет цивільного захисту України

**Ільчишин Я.В.**, к.пед.н., викладач кафедри промислової безпеки та охорони праці, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

**Кропива М.О.**, здобувач вищої освіти, Луцький національний технічний університет

**Лішук М.Є.**, к.с.-г.н., доцент кафедри цивільної безпеки, Луцький національний технічний університет

**Мазур І.Б.**, к.с.-г.н., доцент кафедри управління проектами та безпеки виробництва, Львівський національний аграрний університет

**Марич В.М.**, к.т.н., старший викладач кафедри промислової безпеки та охорони праці, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

**Мірус О. Л.**, к.х.н., доцент кафедри промислової безпеки та охорони праці, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

**Мітюк Л.О.**, к.т.н., доцент кафедри охорони праці, промислової та цивільної безпеки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Поляшенко Е.В.**, здобувач вищої освіти, Луцький національний технічний університет



Рудинець М.В., к.т.н., доцент кафедри цивільної безпеки, Луцький національний технічний університет

Сагайдак І.С., к.т.н., доцент кафедри товарознавства та техногенно-екологічної безпеки, Національний університет державної фіскальної служби України

Северенчук В.О., здобувач вищої освіти Луцький національний технічний університет

Станіславчук О.В., к.т.н., доцент кафедри промислової безпеки та охорони праці, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Стасюк В.М., к.т.н., доцент кафедри цивільної безпеки, Луцький національний технічний університет

Тимочко В.О., к.т.н., доцент, завідувач кафедри управління проектами та безпеки виробництва, Львівський національний аграрний університет

Тригуба А.М., д.тех.н., професор, завідувач кафедри інформаційних систем та технологій, Львівський національний аграрний університет

Тригуба І.Л., к.с.-г.н., в.о. доцента кафедри генетики, селекції та захисту рослин, Львівський національний аграрний університет

Федорчук-Мороз В.І., к.т.н., доцент кафедри цивільної безпеки, Луцький національний технічний університет

Филипчук Л.В., к.т.н., доцент Національний університет водного господарства та природокористування

Филипчук В.Л., д.т.н., професор, завідувач кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності, Національний університет водного господарства та природокористування

Чорна Т.М., к.т.н., доцент кафедри товарознавства та техногенно-екологічної безпеки, Національний університет державної фіскальної служби України

Шароватова О.П., к.пед.н., доцент кафедри охорони праці та техногенно-екологічної безпеки, Національний університет цивільного захисту України

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
<b>РОЗДІЛ 1</b>	
<b>ПРАВОВІ, ЕКОЛОГІЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ</b>	
<b>ГАРАНТУВАННЯ БЕЗПЕКИ ТРУДОВИХ ВІДНОСИН .....</b>	<b>8</b>
Інтегроване управління ТПВ як один із факторів формування цивільної безпеки у Волинській області .....	9
Деякі правові та ергономічні аспекти створення умов праці для працівників з інвалідністю в офісах .....	23
Психологічна підготовка населення до надзвичайних ситуацій – обов'язковий елемент державної політики .....	43
Роль людського фактора у формуванні цивільної безпеки в Україні	58
<b>РОЗДІЛ 2</b>	
<b>МІЖНАРОДНИЙ ТА ВІТЧИЗНЯНИЙ ДОСВІД</b>	
<b>У ПІДВИЩЕННІ РІВНЯ БЕЗПЕКИ ТА</b>	
<b>ПРОДУКТИВНОСТІ ПРАЦІ .....</b>	<b>74</b>
Спрямованість розвитку сфери охорони праці у змісті програмних засад МОП .....	75
Передумови підвищення рівня безпеки праці на основі використання міжнародного досвіду та покращення підготовки фахівців у закладах вищої освіти .....	84
Обґрунтування ефективних сценаріїв реалізації проєктів підвищення безпеки та продуктивності праці виконавців, зайнятих розумовою працею .....	93



## ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ

ЗАСАДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИВІЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ .....	103
Вдосконалення системи вентиляції арматурних цехів будівельних підприємств з метою покращення умов праці на прикладі підприємства ТЗОВ «ЗБК» .....	104
Аналіз умов праці в перукарнях .....	112
Аналіз схеми формування небезпечних ситуацій і методів їх виявлення у агропромисловому комплексі .....	122
Шляхи підвищення техногенної безпеки та зниження ризику травматизму при гасінні пожеж класу D .....	132
Водопровідно-каналізаційні підприємства: Стан та безпека .....	149
Певні аспекти безпеки праці на підприємствах зі зберігання та переробки зерна .....	159
Автоматизація, як сучасна складова безпечної експлуатації систем водоочищення промислових підприємств .....	169

*Головним скарбом життя є не землі, що ти їх завоював, не багатства, що їх маєш у скринях... Головним скарбом життя є здоров'я, і, щоб його зберегти, потрібно багато що знати.  
Авіценна*

*Уміння проводити життя – це насамперед уміння не вкорочувати його.  
О. Богомолець*

Визнані авторитети людського суспільства тисячоліттями відстоюють та пропагують цінність життя та здоров'я, особисту безпеку людини і безпеку навколишнього середовища. Ці цінності та пріоритети закладені в основу як гуманітарних наукових досліджень так і інженерно-технічних пошукових та практичних розробок. Пріоритет життя, здоров'я та безпеки людини є визначальним принципом організації освітнього процесу в загальноосвітній, професійній та вищій освіті.

Всебічне гарантування цивільної безпеки можна вважати одним з основних чинників та запорукою формування конкурентоспроможності країни. Дослідження складових цивільної безпеки дозволяє виявити резерви суспільства для стійкого розвитку та формувати практичні шляхи його укріплення.

Ефективна діяльність державних органів щодо розроблення державної політики у різних сферах, в тому числі у сфері цивільної безпеки, можлива за наявності глибоких теоретичних розробок та практичної реалізації наукових рекомендацій щодо створення оптимальної ефективної системи гарантування цивільної безпеки в країні, гарантування належного рівня безпеки життєдіяльності населення, безпеки для суб'єктів господарювання, запобігання загрозам виникнення надзвичайних ситуацій тощо.

Тематика монографії відображує результати досліджень теоретичних питань та практики гарантування цивільної безпеки в Україні. Звертається увага на необхідність реформування управління забезпеченням цивільної безпеки в країні. В умовах сучасних реалій вкрай важливими проблемами, до вирішення яких долучаються фахівці з цивільної безпеки, є пожежна та техногенна безпека, накопичення відходів, вплив людського чинника, ергономічних вимог для вирішення питань безпеки та гігієни праці тощо.

Викладення матеріалу сформовано у розділи: «Правові, екологічні, економічні та психологічні аспекти цивільної безпеки», «Міжнародний та вітчизняний досвід у підготовці фахівців з цивільної безпеки», «Інженерно-технічні та організаційні засади забезпечення цивільної безпеки».

Автори висловлюють подяку шановним рецензентам д.мед.н., професору Судимі А.А., д.ю.н., професору Ленгер Я.І. та д.т.н., професору Шваб'юку В.І. за цінні поради та слушні критичні зауваження, що сприяли підвищенню загального наукового рівня даної монографії.



## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЗНИЖЕННЯ РИЗИКУ ТРАВМАТИЗМУ ПРИ ГАСІННІ ПОЖЕЖ КЛАСУ D

Марич В.М., к.т.н., старший викладач

Мірус О. Л., к.х.н., доцент

Станіславчук О.В., к.т.н., доцент

Ільчишин Я.В., к.пед.н., викладач

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Використання магнію та його сплавів є практичним та ефективним у промисловості як в Україні, так і за її межами. Магній застосовують у вигляді металевих пластин при захисті від корозії морських суден і трубопроводів. У металургії магній використовують як «розкислювач» – речовина, що зв'язує шкідливі домішки в розплаві заліза. Додаток 0,5% магнію до чавуну значно підвищує гнучкість чавуну та його опір на розрив. Магній та його сплави часто використовують в апаратах космічної та авіаційної техніки, автомобілебудуванні, різних агрегатах та приладах<sup>1,2</sup>.

Магній та його сплави останнім часом часто використовують у військовій галузі при виготовленні запалювальних гранат. Їхнє застосування зросло за останні роки на сході нашої держави, де їх використовують для підпалу складів з боєприпасами. Це ускладнює гасіння пожежі через те, що магній розбризкується на великі площі або по всьому приміщенні і, тим самим, збільшується площа загоряння, швидко запалюються дерев'яні ящики з боєприпасами. При цьому процес гасіння ускладнюється. Тому виникає необхідність у застосуванні ефективних методів та способів гасіння пожеж такого класу<sup>1</sup>.

Як правило, чистих пожеж класу D не буває. Можуть виникати спочатку пожежі легкозаймистих речовин або твердих горючих матеріалів, які переходять у пожежі легких металів, що потребують комбінованих способів гасіння (при цьому треба враховувати високу температуру горіння магнію). При подаванні вогнегасної речовини під високим тиском магній та його сплави розбризкуються та збільшують площу горіння.

Метою дослідження є розкриття особливостей впливу виду, співвідношення компонентів, а також засобів подавання вогнегасного порошку спеціального призначення на ефективність процесів припинення горіння магнію та його сплавів для зменшення ризику виникнення пожеж та загибелі працівників на підприємстві.

Актуальність напрямку дослідження підтверджує аналіз найбільш резонансних пожеж в Україні та світі, що спричинені наявністю сплавів магнію.

Так, 2 жовтня 2015 року понад 20 пожежників гасили 47 тонн палаючого магнію на заводі PolMag в Республіці Польща. На першому етапі для гасіння

палаючого розплавленого магнієвого сплаву застосовували вогнегасний порошок, але безуспішно, вогонь був настільки інтенсивний, що гасінню не піддавався. Не вистачало необхідних засобів подачі вогнегасних речовин<sup>3</sup>.

Пожежа у місті Зоненберг (Німеччина) у 2010 році<sup>4</sup> завдала збитків на мільйони євро. Горіло 30 тонн магнію. До локалізації і ліквідації пожежі приступили запізно, не було ефективних засобів первинного пожежогасіння.

В жовтні 2006 року виникла пожежа на колишній території Львівського автобусного заводу. Причина пожежі – займання магнієвої стружки в контейнері для збору металевих відходів. Гасіння пожежі тривало кілька годин, оскільки магній не можна гасити водою, а ті засоби, що були, не дали змоги зробити це швидко. Працівники ДСНС змушені були гасити магнієву стружку повітряно-механічною піною та іншими, на їх погляд, безпечними засобами. Під час пожежі ніхто не постраждав, але небезпека для здоров'я львів'ян таки була, оскільки контейнер знаходився неподалік від тролейбусної зупинки<sup>5</sup>.

В Криму 17 жовтня 2009 року сталася пожежа на станції зі зберігання отрутохімікатів «Отраднос» Джанкойського р-ну. В результаті пожежі згоріло близько 160 тонн отрутохімікатів. Площа пожежі становила близько 600 м<sup>2</sup>. З 60-70 років минулого століття на цій станції зберігалися пестициди, у складі яких був магній. За однією з версій, саме він став причиною samozagorannya отрутохімікатів<sup>6</sup>.

В квітні 2010 року на заводі «Київприлад», що на вулиці Гарматній 2, в Солом'янському районі столиці, стався потужний вибух. Причина вибуху – іскра від газозварювального апарата, яка потрапила в ємність з магнієм і спричинила вибух, унаслідок якого двоє чоловіків загинули на місці. Від високої температури поплавилися металеві конструкції підіймача, а від ударної хвилі повилітали шибки в цеху з першого по четвертий поверх<sup>7,8</sup>.

2 квітня 2009 року, близько 17 години на ВАТ «Магнітогорський металургійний комбінат» за добу сталося дві пожежі. Після прибуття першого підрозділу виявлено, що відбувається горіння гранульованого магнію на відкритому майданчику, площа горіння – 20 м<sup>2</sup>. Близько 17:44 пожежники локалізували загоряння, а о 18:05 ліквідували відкрите горіння. Всього для гасіння пожежі залучалося 60 чоловік, 18 одиниць техніки, від ДСНС – 47 чоловік, 11 одиниць техніки. Через кілька годин, 3 квітня близько 2:58 на «ММК» знову сталася пожежа. Горіння відбувалося на відкритому майданчику для зберігання гранульованого магнію киснево-конверторного цеху. В

<sup>1</sup> Potężny pożar fabryki polmag w olszowej plonie 47-ton-magnezu = Потужний вогонь заводу polmag в 47-тонному виході магнію. URL: <https://nto.pl/potężny-pozar-fabryki-polmag-w-olszowej-plonie-47-ton-magnezu/ar/8962865>

<sup>2</sup> Magnesium Brand richtet bei Sonneberg Millionen Schaden = Магнієвий вогонь спричиняє мільйони збитків у Зоненберзі. URL: <https://www.thueringer-allgemeine.de/web/zg/leben/blaulicht/detail/-/specific/Magnesium-Brand-richtet-bei-Sonneberg-Millionenschaden-an-1529078490>

<sup>3</sup> Сайт газети «Україна молода». URL: <http://www.umoloda.kiev.ua/regions/0/0/28280/>

<sup>4</sup> 160 тон отрутохімікатів згоріло в результаті пожежі в Криму. URL: <http://tsn.ua/ukrayina/160-tonn-otrutohimikativ-zgorilo-v-rezultati-pozhezhi-v-krimu.html>

<sup>5</sup> Про затвердження голів Української частини спільних міжурядових комісії з питань співробітництва URL: <http://www.newsru.ua/ukraine/28apr2010/mg.html>

<sup>6</sup> Український науково-дослідний інститут цивільного захисту (УкрНДІЦЗ) Державної служби України з надзвичайних ситуацій: Державна установа. Київ, 2016. URL: <http://undiczs.dsns.gov.ua>



результаті пожежі знищено шість тонн гранульованого магнію. Від ДСНС були задіяні 11 одиниць техніки та 47 чоловік<sup>9</sup>.

30 березня 1988 року в Чикаго вибухнув причіп на 91% наповнений чистим магнієм, внаслідок чого виникла необхідність в евакуації 200 людей з двох різних заводів. Температура горіння сягала 2030°C, алюмінієво-сталевий причіп повністю розплавився. Пожежники на місці події не могли погасити вогонь, адже не мали спеціальних вогнегасних порошків, тому чекали, коли вигорить весь магній. Для того, щоб пожежа не розповсюджувалася на будівлі та споруди поблизу горіння, пожежники охолоджували їх<sup>10</sup>.

У 2011 році до пожежного відділення на узбережжі Північної Кароліни надійшло повідомлення, що горить автомобіль. Після прибуття пожежників на місце події було встановлено, що горить двигун автомобіля. Коли пожежники подали воду, то автомобіль вибухнув. Причиною вибуху стало те, що деякі деталі двигуна та кузова передньої частини автомобіля були виготовлені зі сплаву магнію, тому після взаємодії палаючого магнію з водою відбувся вибух. Один пожежник був доправлений до лікарні з опіками.

Наразі магній переважно використовується лише в старих двигунах Volkswagen і Ford F150. Проте, протягом наступних 10 років компанії з виробництва автомобілів таких марок, як BMW, Ford, Mercedes, GMC, Ауді, Ягуар та інші планують додавати магній до інших деталей автомобіля. В сучасному суспільстві магній можна знайти у всіх транспортних засобах, побутовій та сільськогосподарській техніці<sup>10</sup>.

10 червня 2018 року в німецькому місті Ландсхут в Баварії горів завод автоконцерну BMW. Згідно з повідомленням, горіли продукти з вмістом магнію. За версією поліції, через високий тиск перегрілася ливарна машина. Двоє працівників та один пожежник були госпіталізовані. Товсті хмари диму можна було побачити здалеку над заводом BMW опівдні. Через сильний дим населенню рекомендували закрити вікна та двері. Пожежа також вплинула на залізничний рух. Ділянка між Вьор-ан-дер-Ізаром і Ландсхутом була закрита близько години. За оцінками експертів BMW, збиток оцінювався приблизно в два мільйони євро<sup>11, 12</sup>.

2 вересня 2017 року в Іспанії десятки тисяч жителів автономного співтовариства Мадрид отримали попередження не залишати свої будинки через поширення хмари токсичного диму. Причиною цього стало загорання на виробничому складі 40 тонн магнію і алюмінію. В результаті цієї пожежі постраждала одна людина<sup>13</sup>.

<sup>9</sup> На MMK за выходные было два пожара! Огнеборцы тушили возгорание в ККЦ. URL: <http://www.telefakt.ru/news/lenta-novostej/na-mmk-za-sutki-proizoshlo-dva-pozhara>

<sup>10</sup> Firefighter – training – extinguishing – magnesium – fires. Firehouse. URL: <https://www.firehouse.com/operations-training/hoselineswater-appliances/article/11300616/firefighter-training-extinguishing-magnesium-fires>

<sup>11</sup> Industriehalle brennt! Grosseinsatz in Landshut = Промисловий зал горить масштабну операцію в Ландсхути. URL: [https://www.pnp.de/nachrichten/bayern/2972437\\_Industriehalle-brennt-Grosseinsatz-in-Landshut.html](https://www.pnp.de/nachrichten/bayern/2972437_Industriehalle-brennt-Grosseinsatz-in-Landshut.html)

<sup>12</sup> У Німеччині горів баварський завод bmw. Glavk.info (10 июня 2018 г.). URL: <https://nv.ua/ukr/world/countries/u-nimechchini-horiv-bavarskij-zavod-bmw-2475328.html>

<sup>13</sup> В Мадриде из-за пожара химическое вещество заставило людей сидеть дома. Комментарии YA. 2016. URL: <https://comments.ua/world/593821-v-madrde-iz-za-pozhara-himveshchestv.html>

Небезпечними є також пожежі та вибухи на футбольних стадіонах. Один із випадків стався у 2016 році на Європейському чемпіонаті під час гри команд Італії та Хорватії. На стадіоні між уболівальниками розпочалися сутички з використанням запальних пристроїв, в яких була наявна стружка магнію. Внаслідок цього сталася пожежа з великою кількістю потерпілих. Гра була зупинена.

Подібні пожежі, спричинені горінням та вибухом магнію і його сплавів, трапляються також у процесі їх обробки та утилізації відходів<sup>14, 15</sup>.

Масштабні пожежі з вибухами на складах боєприпасів, де наявні магнієві сплави, лише підтверджують актуальність проблеми: Артемівськ Донецька область 2003 рік; Новобогданівка Запорізька область 2004, 2005, 2006 та 2007 роки; Лозова Харківська область 2008 рік; Сватове Луганська область 2015 рік; Балаклія Харківська та Калинівка Вінницька області 2017 рік. І остання пожежа на складах боєприпасів на Чернігівщині.

9 жовтня 2018 року о 03:40 у ДСНС надійшла інформація про те, що на території військового 6-го арсеналу Міноборони біля сіл Дружби і Августівки Ічнянського району на Чернігівщині виникла пожежа з подальшою детонацією боєприпасів. З 16-кілометрової зони можливого ураження (Ічня та 30 прилеглих сіл) евакуювали понад 12,5 тисяч осіб. У медичних установах в Ічні перебувала 91 особа, зокрема 1 дитина<sup>16</sup>.

17 лютого 2016 року близько 20:20 почалися вибухи на території складів у Запорізькій області. Невідомі особи за допомогою безпілотних літальних апаратів скинули запальовальні предмети на територію об'єкта. В результаті їх вибуху виникли осередки загорання, які складно було загасити через наявність сплавів магнію, окремі частинки яких потрапляли під дерев'яні ящики, де зберігались боєприпаси. Для гасіння використовували пожежний танк, ґрунт. Було зафіксовано понад 50 точок загорання<sup>17</sup>.

Подібні випадки, пов'язані з горінням магнію, трапляються по всьому світу та в Україні зокрема. Зазвичай ці пожежі завершуються вигоранням магнію, загибеллю людей та великою кількістю постраждалих. Тому для того, щоб підвищити рівень техногенної безпеки, знизити ризик травмування під час гасіння пожеж класу D, необхідно розробити ефективні способи та засоби гасіння пожеж таких класів з врахуванням їх особливостей.

Сплави магнію відіграють у техніці дуже важливу роль. Існує ціле сімейство магнієвих сплавів із загальною назвою «електрон». Основу їх становить магній у поєднанні з алюмінієм (10%), цинком (до 5%), марганцем (1-2%). Малі добавки інших металів надають «електрону» різні цінні властивості. Але головною властивістю всіх видів «електронів» є їх легкість

<sup>14</sup> Em qualifikation italien vs kroatien nach randale un ter brochenhttp. URL: <http://www.spiegel.de/sport/fussball/em-qualifikation-italien-vs-kroatien-nach-randale-unterbrochen-a-1003289.html>

<sup>15</sup> Schmalfuß H.: Magnesium erschwert Löscharbeiten an Pkw. Feuerwehr-Magazi. 2016. № 5. S. 8

<sup>16</sup> Schlüsselmayr Ch. Druckgießerei in Flammen – Feuerwehr kämpft vier Tage gegen Magnesiumbrand. Blaulicht. 2016. № 3. S. 4-8

<sup>17</sup> Вибухи на складах боєприпасів в Україні – історія катастроф. URL: <https://gordonua.com/ukr/publications/vibuhi-na-skladah-bojepripasiv-v-ukrajini-istorija-katastrof-179716.html>



(1,8 г / см<sup>3</sup>) і прекрасні механічні властивості. Їх використовують в тих галузях техніки, де особливо високо цінується легкість: в літако- та ракетобудуванні. За останні роки створені нові стійкі на повітрі магнієво-літєві сплави із зовсім малою щільністю (1,35 г / см<sup>3</sup>) Їх використання в техніці є дуже перспективним. Магнієві сплави цінні не лише завдяки своїй легкості. Їх теплоємність в 2-2,5 разів вища, ніж у сталі. Апаратура з магнієвих сплавів нагрівається менше від сталеві. Використовують і сплав алюмінію з великим вмістом магнію (5-30%). Цей сплав «магналій» твердіший і міцніший за алюміній, легше обробляється і полірується. Число металів, з якими магній утворює сплави – велике. Магній не змішується в розплаві зі своїм близьким за положенням у таблиці Менделєєва сусідом – берилієм. Через значні відмінності міжатомних відстаней не утворює магній сплавів із залізом.

Серед кисневих сполук магнію потрібно відзначити оксид магнію MgO, званий також як «палена магнезія». Він застосовується у виготовленні вогнетривкої цегли, оскільки температура його плавлення – 2800 °С. Палена магнезія використовується і в медичній практиці.

Цікаві силікати магнію – тальк  $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$  і азбест  $CaO \cdot MgO \cdot 4SiO_2$ , яким притаманна висока вогнестійкість. Азбест має волокнисту будову, тому його можна прясти і виготовляти з нього спецодяг для роботи у середовищах з високими температурами. Карбонати і силікати магнію у воді нерозчинні.

Інтерес до магнію і сплавів на його основі обумовлений, з одного боку, пошуканням важливих для практичного використання властивостей, а з іншого – великими сировинними ресурсами магнію. Широкою є сфера використання магнію та магнієвих сплавів зі спеціальними хімічними властивостями, наприклад, в джерелах струму і для протекторів при захисті сталевих споруд від корозії<sup>18, 19</sup>.

Є певна упевненість до магнієвих сплавів з боку споживачів стосовно їх пожежонебезпеки, низької корозійної стійкості, підвищеної чутливості до концентраторів напружень. Цю упевненість слід долати. У той же час слід продовжити роботи, спрямовані на поліпшення службових характеристик магнієвих сплавів, зокрема на підвищення їх корозійної стійкості.

В останні роки за кордоном застосування магнію як одного з масштабних промислових металів збільшилось: у 1980 році вперше в мирний час був перевершений максимальний рівень (1943 року) виробництва магнію у воєнний час. Незважаючи на окремі спади, обумовлені загальною несприятливою кон'юнктурою, споживання магнію залишалось стабільним, хоча ціни на нього і вирости в 1,9 рази.

Друге місце за обсягом споживання магнію займає Західна Європа (30%). Споживання магнію в Японії оцінюється на рівні 20-25 тис. тонн на рік, з яких 69% витрачається у виробництві алюмінієвих сплавів і високоміцного чавуну, на виливки з магнієвих сплавів – 4,9%.

<sup>18</sup> Стали відомі подробиці вибуху на складах боєприпасів на Запоріжжі URL: [http://espreso.tv/news/2016/02/18/staly\\_vidomi\\_podrobyci\\_vybukhu\\_na\\_skladakh\\_boeyepripasiv\\_na\\_zaporizhzhji](http://espreso.tv/news/2016/02/18/staly_vidomi_podrobyci_vybukhu_na_skladakh_boeyepripasiv_na_zaporizhzhji)

<sup>19</sup> Сон К.Е., Канг М.Ч., Ким К.Х. Исследования и разработки применения магниевых сплавов в Южной Корее. Литейное производство. 2006. № 1. С. 8-10

Магній за кордоном використовується в багатьох галузях промисловості. Все розмаїття напрямів використання можна умовно розділити на 3 групи<sup>20</sup>:

1. Застосування магнію у виробництві алюмінієвих сплавів, за яких додають від 0,5% до 10% магнію. Алюмінієві сплави, що містять магній, відрізняються високою питомою міцністю, корозійною стійкістю і добре обробляються різанням;

2. Приготування сплавів конструкційного призначення на основі магнію. Вміст магнію в таких сплавах становить 90-98%. Магнієві сплави, які піддаються деформації і литі заготовки з них, застосовуються у ряді галузей промисловості, перш за все в аерокосмічній, військовій та автомобільній;

3. Використання магнію як хімічного реагента в чорній та кольоровій металургії для відновлення Be, Ti, U, Zr, Hf та інших металів, в хімії (в основному в реакції Гриньяра), а також при виготовленні анодів для катодного захисту від корозії сталевих конструкцій, підземних трубопроводів і резервуарів. Магній у цих процесах повністю витрачається. Лом і відходи не утворюються, на відміну від перших двох груп, де він може повторно використовуватися у вигляді вторинних сплавів.

В умовах дефіциту магнію також актуальним є завдання більш раціонального використання наявних ресурсів металу, скорочення втрат його на всіх етапах переробки та використання. Наприклад, більш ефективно може бути використаний вторинний магнієвий сплав типу МА9С6 для легування алюмінієвих сплавів замість первинного металу. Краще виглядає і пряме використання відходів з магнієвих сплавів у вигляді брикетів стружки замість чушкового металу, наприклад, для десульфурзації або модифікування чавуну, у виробництві модифікаторів типу залізо-кремній-магній.

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 обсяги їх виробництва. Це ставить перед металургами, технологами та розробниками нові завдання: підвищення якості лиття, використання брукхту та стружки, створення безвідходних і маловідходних технологій виробництва.

Основні властивості магнію. Тверда речовина. Метал. Сріблясто-білого кольору. Нелеткий. Температура плавлення +651 °С. Температура кипіння +1107 °С. Бурхливо реагує з водою – виділяє горючі гази і велику кількість тепла. На повітрі здатний займатися, у вологому середовищі згоряє з вибухом. Температура горіння + 2800°С [25]. Вибухо- та пожежонебезпечний. Горючий. Можливе самозаймання на повітрі. Температура самозаймання: компактного металу +650°С, стружки +510°С, пилу +420...440°С. Нижня концентраційна межа поширення 10...20 г/м<sup>3</sup>. Займається від іскор та полум'я. Горить в атмосфері діоксиду вуглецю. В атмосфері чистого сухого азоту магній займається. При температурі більше 400°С пил магнію енергійно взаємодіє з азотом, виділяючи тепло. Тому атмосфера азоту не може вважатися інертною<sup>20</sup>.

<sup>20</sup> Диринга Х., Майер П., Фехнер Д., Болен Я., Кайнер К.У. Настоящее и будущее магниевых сплавов в нашей цивилизации. Литейное производство. 2006. № 1. С. 4-7



Основними напрямками захисту від пожеж і вибухів при роботі з гнієвим пилом є такі<sup>21</sup>:

1. Механічна обробка магнієвих сплавів повинна проводитися гострим і авильно загостреним інструментом, забезпечуючи при цьому мінімальну причину тертя;

2. Для гасіння пожежі, де горить магній, використовувати воду не можна, кільки від зіткнення з водою розпечений магній вибухає;

3. Застосовувати CO<sub>2</sub> для гасіння речовин, що містять у своєму складі гній, є неефективно;

4. При обробці виробів на токарних, фрезерних, стругальних і інших остатах охолодження повинно проводитися маслом або струменем повітря. олодження водою виробів із магнію при їх обробці та його сплавів не пускається, оскільки нагріта вода при взаємодії з магнієм виділяє водень;

5. Слід намагатися звести до мінімуму можливість утворення іскор. Для ого кожухи верстатів, повітроводи повинні бути виготовлені з металів, які а удари не утворюють іскор;

6. Пил, який утворюється при обробці виробів, необхідно відсмоктувати за помоого спеціальної вентиляційної системи;

7. Систематично проводити прибирання приміщень від пилу та протирати аднання;

8. Електрообладнання верстатів і цехи в цілому повинні бути тільки у бухо захищеному виконанні;

9. Локалізацію горіння магнієвих сплавів здійснювати піском, порошком су магнію, графітом.

В першу чергу ставляться питання, як горить магній та як його гасити і в их випадках це відбувається. Найчастіше горить магнієва стружка або вироби магнієвих сплавів, особливо в подрібненому стані. Пожежі шасі літаків кають в основному при посадці і пов'язані, головним чином, з горінням мвмивного барабана, що призводить до загоряння гуми покришок коліс, при му розвивається висока температура, яка може викликати загоряння гнієвих сплавів барабанів коліс візка шасі, яке настає звичайно через 6-8 лин пожежі<sup>22</sup>.

Виникає необхідність у застосуванні ефективних вогнегасних порошоків ціального призначення та засобів його подачі для гасіння такого класу кеж.

Вогнегасні порошки використовують для ліквідації горіння твердих, ких та газоподібних речовин. Вогнегасний ефект застосування порошоків адається з хімічного гальмування реакції горіння, утворення на поверхні овини, що горить, ізолювальної плівки, утворення хмари порошку, яка має стивості екрана, механічного збивання полум'я твердими частинками ошку та витискання кисню із зони горіння виділенням CO<sub>2</sub>. Найчастіше ошки застосовують при горінні лужних та лужно-земельних металів та

оббер Дж. Металлургия и металловедение плутония и его сплавов: монография. Москва: томиздат, 1962. 102 с.

urke, D.J. Magnesium – current status and future prospects. Conference in conjunction with METE: Magnesium New Business Opportunities: Proc. Intern. Brescia, 2000. P. 14-23.

інших речовин (калію, магнію, натрію), які не можна гасити водою та водяними розчинами.

До найважливіших експлуатаційних властивостей вогнегасних порошоків належить їх здатність до:

- хімічного гальмування реакції горіння;
- утворення на поверхні, що горить ізолюючої плівки;
- утворення порошкової хмари, що витісняє кисень з зони горіння;
- механічного збивання полум'я твердими частками.

Завдяки добавкам, вогнегасні порошки мають добру текучість, стійкість проти злежування, грудкоутворення, зволоження тощо.

Для гасіння магнію та його сплавів використовуються такі вогнегасні речовини<sup>23</sup>:

- засипання палаючого магнію великою кількістю сухого графіту;
- універсальним засобом для гасіння палаючого магнію і його сплавів є сухий мелений флюс, що вживається при плавленні магнієвих сплавів. Запас цих флюсів повинен постійно бути на робочих місцях і зберігатися в герметичній тарі. Для гасіння пожеж магнієвих сплавів при обробці різанням застосовують патрони, заряджені флюсом<sup>24</sup>;
- застосування трихлориду бору для гасіння магнієвого полум'я. Трихлорид бор взаємодіє з палаючим магнієм, утворюючи хлорид магнію, який припиняє доступ повітря до палаючої поверхні;
- засипання палаючого магнію сухим пилоподібним карналітом або піском.

Всі запропоновані вогнегасні речовини випробовувались при гасінні невеликих загорянь в лабораторних умовах. Вогнегасні порошки, які випускаються в Україні, не придатні для гасіння пожеж легких металів. Крім того, при подачі порошку під тиском палаюча стружка магнію або його крупинки розбризкуються і збільшують площу горіння. При проведенні навчань з гасіння запалювальних пристроїв з магнієм у Запорізькій області пісок виявився малоефективним вогнегасним засобом, до того ще й не технологічним при подаванні. До негативного результату призвело і гасіння вуглекислотними та порошковими вогнегасниками.

Для гасіння великомасштабних пожеж ці засоби не в повній мірі апробовані, не визначені оптимальні вогнегасні речовини, не відпрацьована технологія гасіння, не проведений економічний розрахунок доцільності гасіння відповідною вогнегасною речовиною.

При проведенні аналізу пожеж, які виникли під час загоряння магнію та його сплавів, постає проблема у підвищенні ефективності порошкового пожежогасіння пожеж магнію і його сплавів та методики дослідження гасіння легких металів. При цьому треба врахувати<sup>25</sup>, що:

<sup>21</sup> Пат. 39357 Україна: МПК С22С 23/00. Ливарний сплав на основі магнію з підвищеною відносною текучістю / Шаломеев В.А., Цивірко Е.І., Лукінов В.В., Лисенко Н.О. – заявитель и инвентор: ОАО «Запорож. нац. техн. ун-т», заявл. 28.08.08; опубл. 25.02.09, Бюл. № 4.

<sup>22</sup> Юм-Розери В., Рейнор Г.В. Структура металлов и сплавов: монография / пер. с англ.: М.М. Виродкина. Москва: Металлургиядат, 1959. 391 с.

<sup>23</sup> Довідник рятувальника на випадок виникнення надзвичайних ситуацій з небезпечними хімічними речовинами / Баланюк В.М., Винявська Г.Ф., Квашук В.П. та ін. Львів: Сполом, 2012. 712 с.



Таблиця 1.

Результати проведення досліджень окремих хімічних складників  
вогнегасних порошоків для гасіння сплавів магнію

№ експерименту	Вогнегасна речовина	Витрата вогн. реч., кг	Час гасіння t, с	Примітка
1	BaSO <sub>4</sub>	0,116	23,2	Підсилює горіння і призводить до спалаху
2	MgO	0,05	35	Прогорас
3	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,3	32	Прогорас, з'являються язички полум'я
4	FeO	0,1	37,7	Прогорас, з'являються язички полум'я
5	Мікросфера	0,06	30,08	Не погасили
6	Меламін	0,032	9,67	Прогорас
7	Аеросил	0,013	28	Не погасили
8	Стеарат кальцію	0,091	32,15	На початку частинки стеарату кальцію підсилювали горіння, а після гасіння утворилася зв'язуюча суміш
9	CaCO <sub>3</sub>	0,097	39,01	Після гасіння CaCO <sub>3</sub> не покриває стружку магнію, а загоряється та відбувається прогорання
10	Каолін, біла глина	0,058	36,64	Прогорас, проявляються язички полум'я
11	Мелена зола	0,154	31,1	Проявляються поодинокі язички полум'я
12	Мелений шлак	0,202	19,26	Проявляються поодинокі язички полум'я, але через 20 с після гасіння зникають
13	Графіт	0,42	28	Проявляються поодинокі язички полум'я, але через 20 с після гасіння зникають
14	NaCl	0,116	19	Проявляються поодинокі язички полум'я
15	KCl	0,1	19	Проявляються поодинокі язички полум'я, але через 20 с після гасіння зникають

- магній згоряє у вологому середовищі з вибухом. При взаємодії з водою виділяє горючі газу і велику кількість тепла. Горить в атмосфері діоксиду вуглецю. В атмосфері чистого сухого азоту магній займається. При температурі більше 400°C пил магнію енергійно взаємодіє з азотом, виділяючи тепло. Тому атмосфера азоту не може вважатися інертною;

- при подаванні вогнегасної речовини під високим тиском, магній, що горить, розбризкується і збільшує відповідно площу горіння.

При горінні магнію температура може зростати понад 20000°C. Тому деко для насипання стружки сплаву магнію має бути з термостійкого матеріалу. Стружку магнію важко підпалити, для цього використовували газовий пальник.

Щоб визначити вогнегасні характеристики окремих складників порошку, які надалі будуть використовуватись для виготовлення порошоків для гасіння магнієвих сплавів, необхідно провести вогневі випробування. Експеримент в лабораторних умовах пропонуємо проводити за розробленою нами методикою.

Методика проведення експерименту. Увімкнули обладнання, перевірили його справність. В якості горючого матеріалу використовуємо стружку сплаву магнію, з якого виготовляють барабани коліс літаків. Підготували наважку вогнегасних речовин. Стружку сплаву магнію (20 г) висипаємо на термостійке деко та рівномірно розподіляємо по площі розміром 200x100 мм. 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. Вогнегасну речовину відповідного складу насипаємо на поверхню, що горить, рівномірно. Закриваємо засувки, видаляємо легкі продукти згорання в атмосферу при повній потужності вентиляційної системи. Результати гасіння зафіксуємо в таблиці 1; 2, де вказуємо витрату вогнегасної речовини, час гасіння та розраховуємо інтенсивність подачі вогнегасної суміші. Очищаємо випробувальну шафу від твердих залишків магнієвих сплавів.

Для проведення експериментальних досліджень використовували метрологічно атестоване обладнання та повірені засоби вимірювання. Результати лабораторних досліджень порівнювались із теоретичними результатами.

При проведенні експериментів необхідно дотримуватись заходів безпеки:

1. Провести інструктаж з особовим складом, який буде участь у проведенні експериментів;

2. Персонал, зайнятий роботами з порошками, має бути забезпечений засобами індивідуального захисту (при гасінні використовувати захисні окуляри та захисні рукавиці, при роботі з порошками – ще і респіратори);

3. Для захисту рук від порошку застосовувати силіконовий крем або інший аналогічний;

4. Для гасіння не використовувати воду;

5. Перевірити наявність та укомплектованість медичної аптечки.



Таблиця 2.

Результати проведення дослідження сумішей вогнегасних порошків для гасіння сплавів магнію

№ експерименту	Вогнегасна речовина	Витрата вогн. реч., кг	Час гасіння t, с	Примітка
1	MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0,112	28,04	Не погасили
2	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, CaO, CO <sub>2</sub>	0,11	30,97	Прогорання вогнегасної речовини
3	KCl, MgCl <sub>2</sub>	0,162	32,23	Прогорас, з'являються язички полум'я
4	Мелена зола-60% KCl, MgCl <sub>2</sub> -39% Аеросил-1%	0,2	35,44	Проявляються поодинокі язички полум'я
5	Мелена зола-40% KCl, MgCl <sub>2</sub> -58% Стеарат-2%	0,194	28,61	Прогорас, з'являються язички полум'я
6	Мелена зола-30% KCl, MgCl <sub>2</sub> -69% Аеросил - 1%	0,206	22,54	Під шаром порошку продовжується горіння
7	Мелена зола-35% NaCl-54% Аеросил-1% Меламін -10%	0,17	16,03	Під шаром порошку продовжується горіння
8	Мелена зола-30% NaCl-59% Аеросил-1% Меламін -10%	0,192	19,21	Під шаром порошку продовжується горіння
9	Мелена зола-40% NaCl -58% Стеарат-2%	0,194	20,54	Проявляються поодинокі язички полум'я, але через 20 с після гасіння зникають
10	Мелена зола-35% NaCl -64% Аеросил - 1%	0,205	15,41	Після гасіння, через 10 с горіння припинене
11	Мелений шлак -35% NaCl -64% Аеросил - 1%	0,194	21,46	Після гасіння, через 10 с горіння припинене

Гасіння металів і металовмісних сполук вогнегасним порошком спеціального призначення (ВПСП) докорінно відрізняється від гасіння, наприклад, вуглеводневих легкозаймистих речовин, горючих речовин – порошками загального призначення (класи пожеж А, В, С). У разі гасіння пожеж класу D<sup>26</sup> основне завдання при подачі ВПСП полягає у створенні на поверхні вогнища горіння шару порошкового покриття, бажано однакової товщини; що досягається шляхом використання так званих заспокоювачів, приєднаних до пристрою подачі (на виході зі ствола) вогнегасників, порошкових автомобілів. Використання насадки-заспокоювача при подачі

<sup>26</sup> НАОП 1.2.20-1.01-86. Правила безпеки при виробництві магнію. URL: [normativ.com.ua/types/doc7534.php](http://normativ.com.ua/types/doc7534.php)

ВПСП необхідне під час гасіння порошків металів і їх гідридів, при цьому практично не допускається утворення аерозависі вогнегасного порошку<sup>27</sup>.

В якості вогнегасних речовин можна використати хлористий натрій, терморозширений графіт та оксид магнію. Отже, для встановлення вогнегасної ефективності запропонованих вогнегасних речовин було проведено лабораторні дослідження. Відповідно було попередньо проведено чотири експерименти з гасіння сплавів магнію порошком NaCl<sup>19</sup>. У всіх випадках досягнуто гасіння. Повторних займань не відбувалося, догорання магнію та його сплаву не спостерігалось. Час гасіння – мінімальний. Терморозширений графіт погасив горіння магнію та його сплаву. Деякий час спостерігалась висока температура, догорання (тління) магнію. Після гасіння MgO спостерігається явище його вигорання. Шар вогнегасної речовини прогорає, з'являються окремі язички полум'я, тому доходимо висновку, що гасіння не було досягнуто<sup>28, 29</sup>.

Як видно з літературних джерел<sup>28, 30, 31</sup> та попередньо проведених досліджень, найкраще себе зарекомендував в якості вогнегасної речовини порошок хлориду натрію. Щоб надати йому властивостей вогнегасного порошку, до нього додали ще два компоненти, а саме: мелений шлак та аеросил, базуючись на їх фізико-хімічних властивостях та на тому, що це є екологічно прийнятні вогнегасні речовини<sup>32</sup>. Введення до вогнегасного порошку тонко здрібненого шлаку (менше за 50 мкм) і з набагато більшою щільністю поліпшує гранулометричний склад порошку, збільшуючи при цьому його питому щільність (табл. 3)<sup>33</sup>.

Таблиця 3

Склад меленого шлаку з відходів металургійного виробництва, %							
FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO
1	2	34	1	32	18	1	11

Загальним недоліком порошків такого складу є низька питома густина, що негативно впливає на його плинність (висока плинність порошку необхідна для створення оптимальної концентрації вогнегасного засобу за одиницю часу в зоні горіння). Чим нижча питома щільність порошку, тим більша його кількість

<sup>27</sup> Czerwona Księga Pożarów: wybrane problemy pożarów oraz ich skutków. 2 t. / ed. by P. Guzowski, D. Wróblewski, D. Malożęć Krakow: CNBOP-PIB Józefów, 2014. T. 1. 624 s.

<sup>28</sup> Ковалишин В.В., Марич В.М., Кирилів Я.Б. та ін. Дослідження хімічних речовин як складників вогнегасних порошків для гасіння легких металів. Пожежна безпека. 2016. № 29. С. 46-56.

<sup>29</sup> Терещенко В.В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений. Москва: Пожнннга, 2004. 256 с.

<sup>30</sup> Марич В.М., Ковалишин В.В., М., Кирилів Я.Б. та ін. Дослідження хімічних речовин як складників вогнегасних порошків для гасіння магнію та його сплавів. Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (Черкаси, 18-19 травня 2017 р.). Черкаси: ЧНПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України., 2017. С. 59-61.

<sup>31</sup> Глосарій термінів з хімії / уклад. Й. Олейда, О. Швайка; Ін-т фізико-орган. хімії та вуглекімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України; Донецький нац. ун-т – Донецьк: Вебер, 2008. 758 с.

<sup>32</sup> Антонов А. В. Наукові основи розроблення та технології застосування екологічно прийнятних вогнегасних речовин. Сучасний стан цивільного захисту України: перспективи та шляхи до Європейського простору: матеріали XVII Всеукр. наук.-практ. конф. рятувальників. Київ: ІДУЦЗ, 2015. С. 23-24.

<sup>33</sup> ДСТУ Б В.2.7-302:2014. Шлак доменний гранульований для цементів, бетонів і будівельних розчинів». Вид. офіц. Київ: Мін-во регіон. розвитку, буд-ва та житл.-комун. госп-ва України, 2015. 21 с.



вноситься з зони горіння висхідними потоками гарячого повітря, так і не взявши участі в процесі гасіння. Крім того, чим вища питома густина порошку, тим він далі транспортується з вогнегасника, що дає можливість операторові перебувати на більшій відстані від вогнища горіння, ніж при застосуванні порошку з більш низькою питомою щільністю. Фактична густина шлаку становить 2,94 г/см<sup>3</sup>. Велика об'ємна маса шлаку та його висока термостійкість дає змогу добре ізолювати горючий метал від навколишнього середовища.

Аеросил має властивість антизлежувача сипучих матеріалів. Введення його в порошок вогнегасні суміші підвищує текучість і вогнегасну ефективність порошків. Було проведено 15 експериментів з хлоридом натрію в межах від 57,5 до 78,5 %, меленого шлаку – від 20 до 40 % та аеросилу – від 1,5 до 2,5 %. На основі цих експериментів встановлено оптимальне співвідношення хлориду натрію – 73,5 %, меленого шлаку – 25 % та аеросилу – 1,5 %.(рис.1-2).

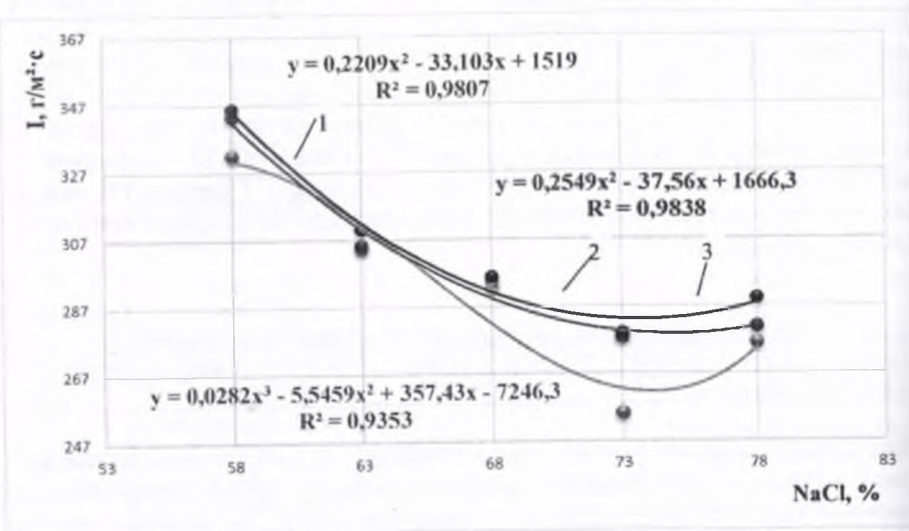


Рисунок 1. – Залежність інтенсивності гасіння від вмісту меленого шлаку та NaCl в межах від 57,5 до 78,5% при: 1 – 1,5%; 2 – 2,0%; 3 – 2,5% аеросилу

З рис. 1 видно, як залежить інтенсивність гасіння від співвідношення компонентів вогнегасного порошку. Це дозволило визначити її оптимальну величину.

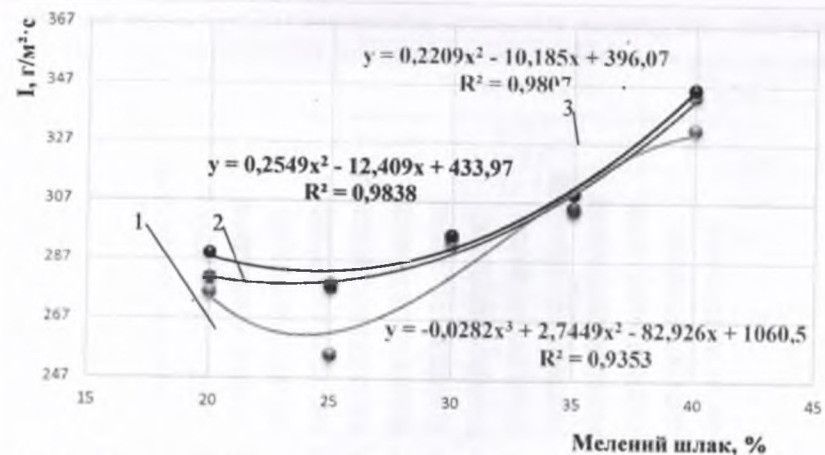


Рисунок 2. – Залежність інтенсивності гасіння від вмісту NaCl та меленого шлаку в межах від 25 до 40% при: 1 – 1,5%; 2 – 2,0%; 3 – 2,5% аеросилу

Як видно з рис. 1 та 2., менша кількість аеросилу краще впливає на процес гасіння, а саме, на інтенсивність гасіння та витрату вогнегасної речовини.

Отже, використання вогнегасного порошку за оптимальної інтенсивності гасіння, наведеної в табл. 4, експеримент №2, має забезпечити найвищу ефективність гасіння. Витрату вогнегасних речовин, час гасіння, час горіння, інтенсивність подачі фіксуємо та записуємо в табл. 4.

Таблиця 4.

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

№ з/п	Вид вогнегасної речовини			Витрата, кг	Час гасіння $t_{гас}$ , с	Інтенсивність $I$ , кг/ (м <sup>2</sup> ·с)
	NaCl, %	мелений шлак, %	аеросил, %			
1	78,5	20	1,5	0,157	28,5	0,276
2	73,5	25	1,5	0,148	29,1	0,255
3.	68,5	30	1,5	0,167	28,6	0,292
4.	63,5	35	1,5	0,188	31	0,304
5.	58,5	40	1,5	0,2	30,1	0,332
6.	78	20	2	0,155	26,9	0,280
7.	73	25	2	0,146	26,2	0,277
8	68	30	2	0,162	28,6	0,294
9.	63	35	2	0,182	30	0,305
10	58	40	2	0,2	29,1	0,343
11	77,5	20	2,5	0,157	27,9	0,289
12	72,5	25	2,5	0,149	26,8	0,278
13	67,5	30	2,5	0,169	29,8	0,295
14	62,5	35	2,5	0,189	31,4	0,31
15	57,5	40	2,5	0,2	30,8	0,345



Крім того, побудовано залежність інтенсивності [29] гасіння вогнегасною сумішшю залежно від співвідношення складових компонентів (рис. 3).

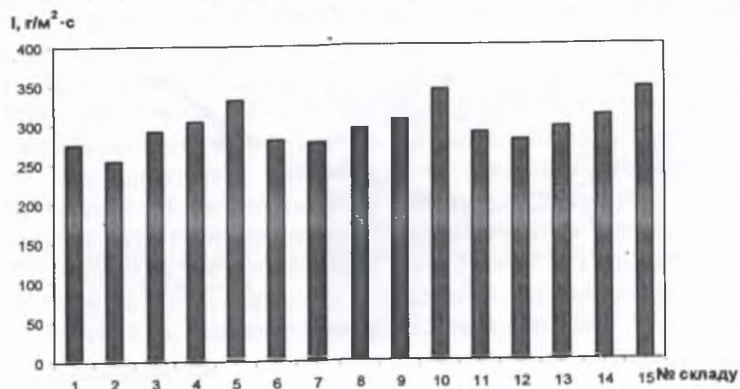


Рисунок 3. – Залежність інтенсивності гасіння I від рецептури вогнегасного порошку

Як бачимо, найефективнішим вогнегасним порошком є рецептура № 2, яка має найменшу інтенсивність подачі вогнегасної суміші, а отже, найкращу ефективність гасіння.

Вогнегасний порошок КМ-1 може бути використаний для гасіння пожеж легких металів (магній, алюміній та їх сплави) та пожеж класів D.

Основним принципом досягнення позитивного результату при гасінні металовмісних речовин є створення за допомогою вогнегасного порошку захисного шару покриття вогнища горіння, що перешкоджає доступу кисню повітря в зону горіння і не дає розповсюджуватись горінню. Таке покриття має бути досить щільним, мати необхідну товщину шару порошку по всій поверхні посередку горіння, що досягається при певній питомій витраті порошку (кг/м²).

Головними перевагами вогнегасного порошку КМ-1 є:

- здатність гасіння спеціальних речовин, наприклад, як палаючий сплав магнію;
- нетоксичність для людей, тварин і довкілля;
- низька вартість;
- зручність зберігання і використання.

Для детальнішої характеристики вогнегасного порошку КМ-1 було проведено дослідження з визначення фракцій маси порошку, за допомогою трьох лабораторних сит СЛМ-200 з розмірами вічка: 0,1; 0,071; 0,045 мм. Результати досліджень наведені в табл. 5.

Експеримент в лабораторних умовах проводили за такою методикою:

- підготували наважки вогнегасного порошку КМ-1 масою 1000 г;
- склали сита одне на одне за розміром вічка від меншого до більшого;
- засипали одну із наважок вогнегасного порошку, закрили кришкою;
- під час пересівання порошку періодично (що 2 хв.) зважували його

кількість на ситах до моменту, коли маса порошку перестала змінюватися. Результати показані в табл. 5.

Таблиця 5.

Визначення фракцій маси порошку

№ з/п дослідів	Кількість порошку під час проведення дослідів, г	Розмір вічка, мм	Маса порошку за фракціями, г
1.	1000	до 0,1	235,1
		0,1 – 0,071	213,7
		0,071 – 0,045	436,3
		менше 0,045	114,9
2.	1000	до 0,1	233,4
		0,1 – 0,071	212,8
		0,071 – 0,045	438,1
		менше 0,045	115,7
3.	1000	до 0,1	234,3
		0,1 – 0,071	212,1
		0,071 – 0,045	439,4
		менше 0,045	114,2

Після проведення дослідження результати з табл. 5 опрацювали та визначили середнє значення маси порошку в грамах та у відсотках (табл. 6).

Таблиця 6.

Середні значення маси порошку

Кількість порошку під час проведення дослідів, г	Розмір вічка, мм	Середнє значення маси порошку за фракціями, г	Середнє значення маси порошку за фракціями, %
1000	до 0,1	234,4	23,44
	0,1 – 0,071	212,8	21,28
	0,071 – 0,045	437,9	43,79
	менше 0,045	114,9	11,49

Як бачимо із одержаних результатів, кількість порошку фракції до 0,1 мм становить 23,44%. Такий відсоток порошку є необхідний для того, щоб при подаванні важкі частинки осідали на горючу поверхню та не роздмухувалися.

Також досліджено показники якості вогнегасного порошку, які наведені в табл. 7.

Таблиця 7.

Показники якості вогнегасного порошку КМ-1

№з/п	Назва показників якості	Значення параметра
1	Насипна густина не ущільненого порошку кг/м³, не більше	1070
2	Насипна густина ущільненого порошку кг/м³, не більше	1465
3	Утримання вологи, % не більше	0,5
4	Вогнегасна здатність, кг/м²	не більше 30
5	Стійкість до термічної дії	стійкий
6	Стійкість до вібрації	стійкий
7	Термін зберігання, років, не менше	5



Після закінчення терміну придатності КМ-1 підлягає регенерації або утилізації. Процес регенерації полягає у відновленні властивостей та характеристик порошку на заводі-виробнику. Порошок КМ-1 можна утилізувати в якості піскосумішей у зимовий період для посипання тротуарних доріжок.

Висновки. За результатами проведеного аналізу сучасного стану розроблення і застосування вогнегасних порошків для гасіння пожеж класу D виявлено, що шляхами підвищення ефективності порошкового пожежогасіння магнію та його сплавів в Україні є створення нових рецептур таких порошків із застосуванням вітчизняної сировинної бази.

Розроблено методики та проведено 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 – із вмістом хлориду натрію (до 73,5%, мас.), шлаку металургійного виробництва (до 25%, мас.) та гідрофобного аеросилу (до 1,5%, мас.), на яку подано заявку на отримання патенту.

Розроблена рецептура вогнегасного порошку для гасіння пожеж магнію та його сплавів дозволяє ефективно локалізувати пожежі класу D, що своєю чергою забезпечує зниження техногенної небезпеки та ризику травмування ліквідаторів.

## ВОДОПРОВІДНО-КАНАЛІЗАЦІЙНІ ПІДПРИЄМСТВА: СТАН ТА БЕЗПЕКА

Стасюк В.М., к.т.н., доцент  
Луцький національний технічний університет,  
м. Луцьк, Україна

Актуальність досліджень. Рівень цивільної безпеки в державі істотно залежить від надійності функціонування об'єктів критичної інфраструктури. Водопровідно-каналізаційні підприємства належать до таких об'єктів. Тому дослідження діяльності підприємств водопровідно-каналізаційного комплексу і аналіз назрілих у них проблем є на сьогоднішній день потрібним та актуальним науковим і прикладним завданням.

Наукова новизна. Наукова новизна отриманих результатів полягає в подальшому розвитку теоретико-методологічних засад досліджень діяльності підприємств водопровідно-каналізаційного комплексу.

Основна частина. Одним із офіційних документів державного рівня, в якому досить повно та об'єктивно оцінено технічний стан підприємств водопровідно-каналізаційного комплексу, а також якість надання ними відповідних послуг, є «Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2018 році»<sup>1</sup>. Оскільки аналогічну доповідь за 2019 рік виявити не вдалося (очевидно, на даний момент вона ще не опублікована), та у статті виконаємо оціночний аналіз даних, наведених у вищезазначеній Національній доповіді (надалі – Доповіді) за 2018 рік.

В Доповіді (як і аналогічних доповідях за попередні роки) дійсно наведено значний масив інформації про діяльність підприємств водопостачання/водовідведення, якість питної води тощо. Як у ній задекларовано, її основу складають достовірні статистичні дані про поверхневе та підземне водопостачання у цілому по країні. Зокрема, наводяться результати моніторингу якості питної води, а також аналізу складу стічних вод, які надходять у відкриті природні водойми, оцінюється негативний вплив таких вод на навколишнє природне середовище.

Вагомим підґрунтям для формування доповіді стали статистичні дані відповідних організацій, які здійснюють санітарний нагляд за підготовкою та постачанням питної води, а також результати аналізу причин виникнення надзвичайних ситуацій на водопровідних і каналізаційних мережах та їх наслідків.

У Доповіді також коротко оцінено реформування водопровідно-каналізаційного комплексу, впровадження на його підприємствах новітніх, більш сучасних і прогресивних, форм управлінської діяльності. Окремо оцінено стан нормативно-правової бази, її відповідність сучасним європейським аналогам.

<sup>1</sup> Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2018 році. – Міністерство розвитку громад та територій. – Київ. – 2019. – 351 с.