**УДК 614.846:543.572.3**

***Н.М. Козяр (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності), В.В. Кочубей, к.х.н., доц. (Національний університет «Львівська політехніка»), А.І. Турчин, В.В. Ковалишин, к.т.н., доц. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)***

# ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕГАСНИХ РЕЧОВИН ТЕРМІЧНИМИ МЕТОДАМИ АНАЛІЗУ

В статті подано результати термогравіметричного та диференційного термічного аналізу зразків водних вогнегасних речовин, взятих як у чистому вигляді, так і нанесених на тверду поверхню.

**Ключові слова:** водна вогнегасна речовина, термогравіметричний та диференційний термічний аналіз, леткість, тверда поверхня, ендотермічний ефект, вогнегасна ефективність

Ефективність боротьби з пожежами значною мірою залежить від якості вогнегасних речовин та технологій їх застосування. До сучасних вогнегасних речовин належать водні вогнегасні речовини, піноутворювачі загального та спеціального призначення, вогнегасні порошки загального та спеціального призначення, газові вогнегасні речовини, аерозолеві вогнегасні речовини, які більшою чи меншою мірою застосовуються для запобігання виникненню пожеж та для їх гасіння.

Кожна з вогнегасних речовин має певні, притаманні їй, фізико-хімічні властивості, які обумовлюють той або інший механізм припинення горіння певного горючого матеріалу, а отже, сферу застосування. При цьому кінцевий результат застосування вогнегасної речовини визначають такі фактори: охолодження, інгібірування реакцій горіння, ізолювання, розведення окислювального газового середовища або їх комбінація. Знання фізико-хімічних властивостей вогнегасних речовин, показників їх якості, механізму дії на речовини (матеріали), які перебувають у процесі горіння, надає змогу здійснювати їх кваліфікований вибір з урахуванням певних критеріїв ефективності (економічні показники, тривалість гасіння, безпека застосування, екологічні аспекти тощо) [1].

Найчастіше водою доводиться гасити тверді органічні матеріали, які погано змочуються нею. Змочування проявляється у розтіканні рідини твердою поверхнею, просочуванні пористих тіл та порошків, утворенні меніску. Характер цього явища визначається перш за все фізико-хімічними процесами на поверхні розділу фаз, які беруть участь у змочуванні.

Вода змочує поверхню більшості твердих органічних матеріалів лише частково, а частково проходить в глибину матеріалу завдяки механічній дії струменя. Погане змочування цих матеріалів зумовлене високим значенням поверхневого натягу води. Відомо, що чим більше відрізняються за своєю полярністю дві речовини, тим більший поверхневий натяг на межі між ними, і тим гірше змочування. Натомість, у разі контакту речовин з близькими величинами полярності досягається ефективне змочування (правило вирівнювання полярностей) [2, 3]. Згідно з цим правилом зниження поверхневого натягу рідини приводить до покращення змочування. Знизити поверхневий натяг води можна додаванням до неї невеликих кількостей поверхнево-активних речовин (ПАР). Внаслідок концентрування малополярних молекул таких речовин на межі розділу фаз знижується поверхневий натяг сильнополярної води. Зазвичай введення ПАР приводить не тільки до покращення змочування, а й до збільшення швидкості розтікання рідини твердою поверхнею.

Змочувальна здатність розчину впливає на швидкість його розтікання, від якої у свою чергу залежить ефективність гасіння. Найбільша швидкість розтікання спостерігається за оптимальних концентрацій змочувальників. Швидкість розтікання розчинів змочувальників значно перевищує швидкість розтікання чистої води. Внаслідок цього матеріал

охолоджується швидше, а за рахунок низького поверхневого натягу відбувається більш інтенсивне проникнення вогнегасної речовини у пори малополярного органічного матеріалу. Як результат вогнегасна ефективність розчину значно підвищується.

Об'єктами дослідження в даній роботі є такі речовини: 1 – вода; 2 – 0,4% водний розчин піноутворювача AFFF; 3 – 0,2% водний розчин піноутворювача AFFF; 4 – 0,05% водний розчин піноутворювача "Сніжок-1"; 5 – 0,2% водний розчин піноутворювача "Сніжок-1"; 6 – вода, нанесена на поверхню $Al_2O_3$; 7 – 0,4% водний розчин AFFF, нанесений на поверхню $Al_2O_3$; 8 – 0,2% водний розчин піноутворювача "Сніжок-1", нанесений на поверхню $Al_2O_3$; 9 – 0,4% водний розчин AFFF, 34% $K_2CO_3$ нанесений на поверхню $Al_2O_3$.

**Метою роботи є** дослідження впливу модифікувальних добавок до запропонованих водних вогнегасних речовин на процеси їх випаровування під час нагрівання у температурному діапазоні від 20 $^0$C до 160 $^0$C.

**Методика дослідження.** Дослідження проводили на дереватографі Q – 1500D системи Паулік – Паулік – Ердей в динамічному режимі зі швидкістю нагрівання 5 °C/хв в атмосфері повітря. Маса зразків становила 100 мг, чутливість за шкалою ТГ (термогравіметричний аналіз) становила 100 мг, за шкалою ДТА (диференційний термічний аналіз) – 250 мкВ, за шкалою ДТГ (диференційний термогравіметричний аналіз) – 1 мВ. В якості еталона використовували оксид алюмінію. В роботі досліджували зразки, взяті в чистому вигляді, та нанесені на поверхню твердого алюмінію оксиду. В процесі змішування вогнегасних речовин з $Al_2O_3$ маса рідкої та твердої фаз становила 100 мг.

**Результати дослідження.** Результати термогравіметричного та диференційного термічного аналізу зразків вогнегасних речовин наведені на рис. 1 – 4.

В процесі розробки методики були проведені попередні дослідження зразків 1 – 3, взятих в чистому вигляді без твердого носія $Al_2O_3$. Зразки вогнегасних речовин, взятих в чистому вигляді, проявляють нижчу леткість порівняно з водою. На рис. 1 представлені результати термогравіметричного аналізу води та водних розчинів піноутворюючого AFFF, різної концентрації. Розчин піноутворювача AFFF з концентрацією 0,4 % має нижчу леткість порівняно з 0,2 % розчином AFFF та чистою водою. Такий результат можна пояснити тим, що піноутворювач AFFF на поверхні води здатний утворювати щільну мономолекулярну плівку, яка перешкоджає процесу випаровування води та зумовлює зниження поверхневого натягу вогнегасної речовини, що в своєю чергою, приводить до зростання її змочувальної здатності. Із зростанням концентрації піноутворювача зростає щільність поверхневої плівки, а отже, зменшується інтенсивність випаровування води. Аналогічні результати досліджень отримані для розчинів піноутворювача "Сніжок-1" (рис. 2). Найнижчою леткістю серед них характеризується 0,2 % розчин піноутворювача "Сніжок-1". Цей зразок, згідно з даними термогравіметричного аналізу, найменш інтенсивно втрачає масу порівняно з чистою водою та 0,05 % розчином піноутворювача "Сніжок-1".

Результати комплексного термогравіметричного та диференційного термічного аналізу, нанесених на поверхню алюмінію оксиду зразків вогнегасних речовин, суттєво відрізняються від результатів аналізу зразків, взятих в чистому вигляді. Нанесені на тверду поверхню вогнегасні речовини проявляють вищу леткість порівняно з водою. Таку зміну властивостей досліджених систем можна пояснити тим, що при змішуванні вогнегасних засобів з $Al_2O_3$ на поверхні оксиду відбувається адсорбція піноутворювача. Цей процес запобігає формуванню мономолекулярної плівки на поверхні води, сформованої молекулами поверхнево активних речовин, викликає часткову гідрофобізацію поверхні $Al_2O_3$, що, відповідно, полегшує випаровування води.

Із досліджених зразків, нанесених на поверхню $Al_2O_3$, вода характеризується найнижчою леткістю. Максимум ендотермічного ефекту води зміщений в область вищих температур і, за даними кривої ДТА (рис. 3), проявляється при температурі 128 °C. Цей зразок, згідно даних термогравіметричного аналізу (рис.4) найменш інтенсивно втрачає масу.

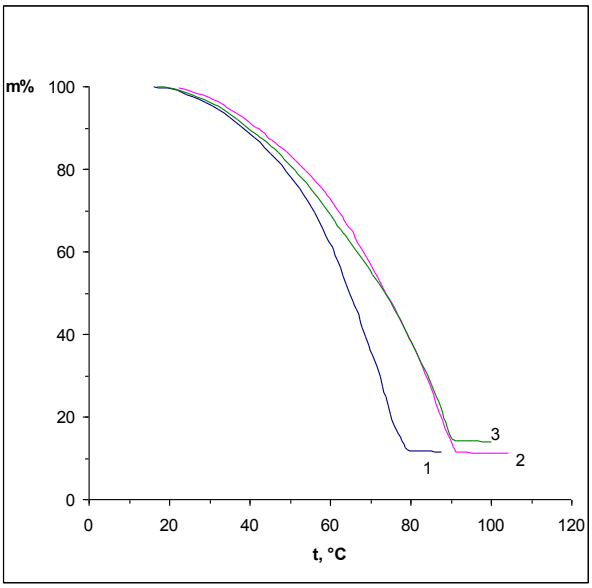


*Рис. 1.* ***Результати термогравіметричного аналізу зразків:***
*1 – зразок 1, 2 – зразок 2, 3 – зразок 3*

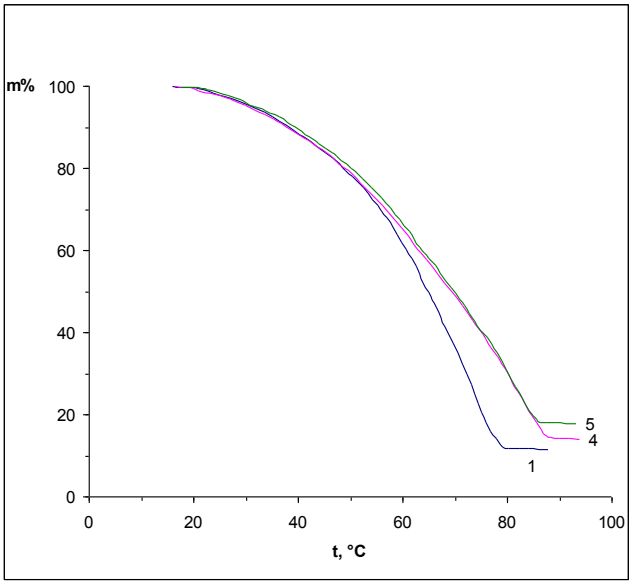


*Рис. 2.* ***Результати термогравіметричного аналізу зразків:***
*1 – зразок 1, 2 – зразок 4, 3 – зразок 5*

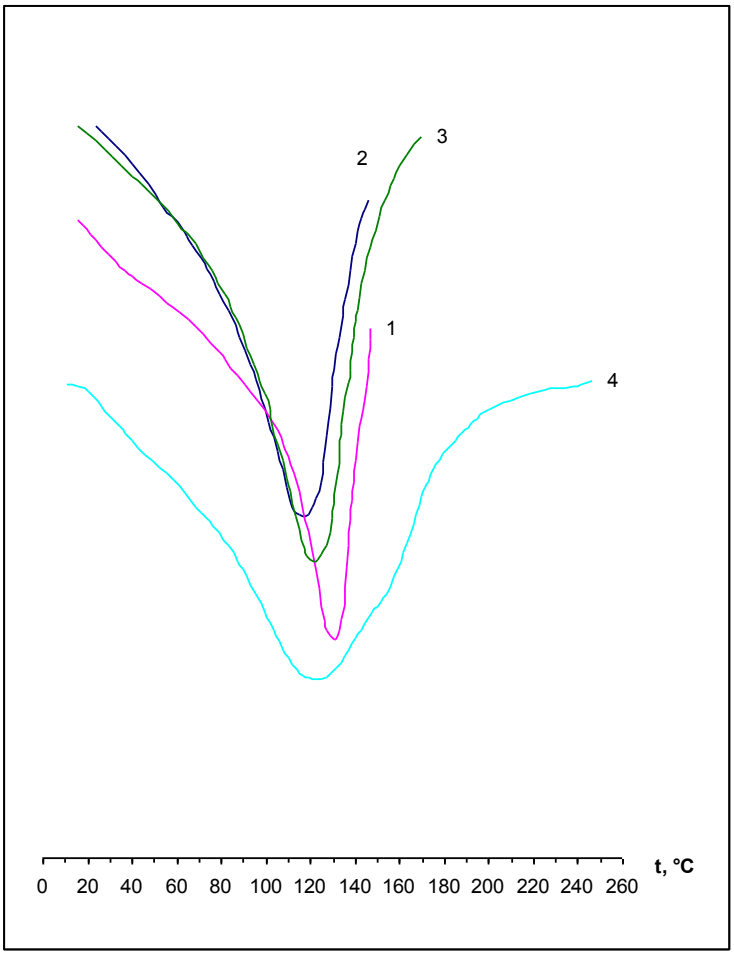


*Рис. 3.* ***Результати диференційного термічного аналізу зразків:***
*1 – зразок 6, 2 – зразок 7, 3 – зразок 8, 4 – зразок 9*

Температура максимальної швидкості втрати маси зразка зміщена в область вищих температур, і згідно з даними диференційного термогравіметричного аналізу (табл.1), проявляється при температурі 121 °С (табл. 1). Найвищою леткістю характеризується зразок 2. Максимум ендоефекту цього зразка зміщений в область нижчих температур і проявляється на кривій ДТА при температурі 116 °С. Цей зразок, згідно даних кривої ТГ, найбільш інтенсивно втрачає масу в процесі випаровування. Максимальна швидкість втрати маси цього зразка проявляється при температурі 110 °С.

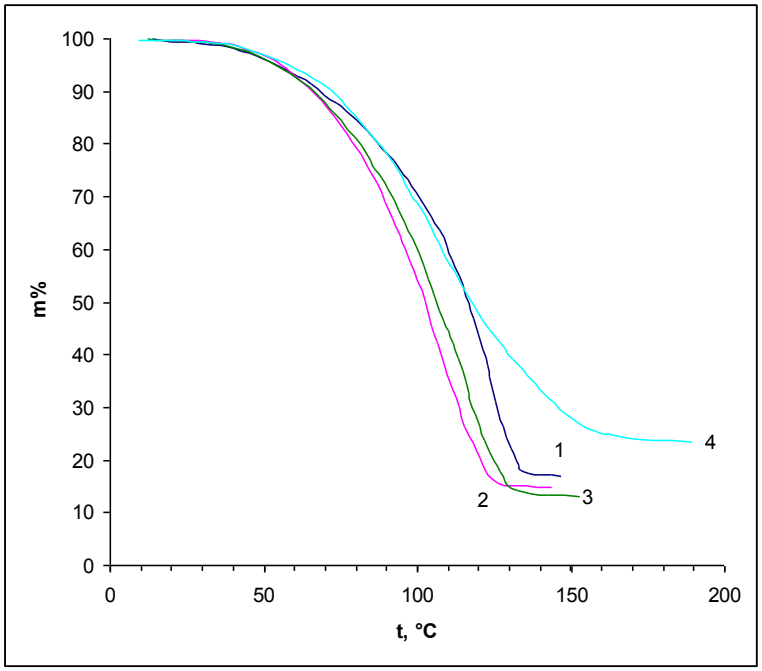


*Рис. 4.* ***Результати термогравіметричного аналізу зразків:***
*1 – зразок 6, 2 – зразок 7, 3 – зразок 8, 4 – зразок 9*

*Таблиця 1*

***Результати комплексного термогравіметричного та диференційного термічного аналізу зразків, нанесених на поверхню $Al_2O_3$***

| № з/п | Номер зразка | Вогнегасна речовина | Температура максимуму ендоефекту, °С | Температура максимальної швидкості втрати маси зразка, °С |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 6 | Вода | 128 | 121 |
| 2 | 7 | Вода, 0,4% AFFF | 116 | 110 |
| 3 | 8 | Вода, 0,2% «пірена» | 121 | 114 |
| 4 | 9 | Вода, 0,4% AFFF, 34% $K_2CO_3$ | 121 | 114 |

Зразки 3-4 характеризуються середньою леткістю. Максимуми ендоефектів цих зразків проявляється на кривій ДТА при температурі 121 °С, а максимальна швидкість втрати маси зразків проявляється при температурі 114 °С. Однак, термограма зразка 4 суттєво відрізняється від термограм зразків 1-3. На кривій ДТА цього зразка з'являється глибокий ендотермічний ефект, який свідчить про те, що в процесі нагрівання зразка він зазнає ряд складних перетворень, які супроводжуються інтенсивним поглинанням теплоти – випаровування рідкої фази та поступовий розклад калію карбонату на поверхні $Al_2O_3$.

Із досліджених зразків вогнегасних речовин зразок 4 характеризується, згідно даних диференційного термічного аналізу, найбільшою теплотою випаровування, а отже є найкращим, із досліджених вогнегасних речовин. Порівняно з чистою водою, зразки розчинів піноутворювачів 7-8 характеризуються підвищеною леткістю, а отже, мають кращу, відносно води, охолоджувальну здатність.

Отримані результати дозволять зробити висновок, що додавання до води невеликих кількостей (0,05 – 0,4%) піноутворювачів AFFF та піноутворювача "Сніжок-1" приводить до суттєвих змін фізико-хімічних її властивостей, а саме до леткості, здатності змочувати поверхню конденсованих фаз. Водна вогнегасна речовина складу 0,4% AFFF, 34% $K_2CO_3$ характеризується найвищою швидкістю її випаровування, супроводжується інтенсивним поглинанням теплоти, зумовленим не тільки фазовим перетворенням, але і поступовою деструкцією одного із її компонентів, зокрема $K_2CO_3$. Цим, а також підвищенням дисперсності краплин можна пояснити підвищену вогнегасну здатність водних вогнегасних речовин із запропонованими модифікувальними добавками, яку висвітлено у роботі [4].

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:


1. Антонов А. В. Вогнегасні речовини / А. В. Антонов, В. О. Боровиков, В. П. Орел, В. М. Жартовський, В. В. Ковалишин. – К. : "Пожінформтехніка", 2004 – 171 с.
2. Сумм Б. Д. Физико-химические основы смачивания и растекания / Б.Д. Сумм, Ю.В. Горюнов. – М. : Химия, 1976. – 232 с.
3. Зимон А. Д. Адгезия жидкости и смачивание / А. Д. Зимон. – М.: Химия, 1974. – 476 с.
4. Козяр Н. М. Підвищення ефективності застосування водних і водопінних вогнегасних речовин / Н. М. Козяр // Пожежна безпека – 2009: зб. тез доповідей IX Міжнар. наук.-практ. конф. – Л. : ЛДУ БЖД. – С. 93-95.



***Н.М. Козяр, В.В. Кочубей, к.х.н., доц., А.И. Турчин, В.В. Ковалишин, к.т.н., доц.***


## ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕТУШАЩИХ ВЕЩЕСТВ ТЕРМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ АНАЛИЗА


В статье представлены результаты термогравиметрического и дифференциального термического анализа образцов водных огнетушащих веществ взятых в чистом виде и нанесенных на твердую поверхность.



**Ключевые слова:** водное огнетушащее вещество, термогравиметрический и дифференциальный термический анализ, летучесть, твердая поверхность, эндотермический эффект, огнетушащая эффективность



***N.M. Kozyar, V.V. Kochubey, Candidate of Science (Chemistry), Docent, A.I. Turchyn, V.V. Kovalyshyn, Candidate of Science (Engineering), Docent***


## RESEARCH OF FIRE-EXTINGUISHING MATERIALS WITH THERMAL ANALYSIS' METHODS


The article deals with the results of thermogravimetric and differential thermal analysis of samples of water fire-extinguishing materials in a pure condition and marked on a solid surface.



**Key words:** water fire-extinguishing material, thermogravimetric and differential thermal analysis, volatility, solid surface, endothermic effect, fire-extinguishing efficiency