

*В.М. Баланюк¹, канд. техн. наук, доцент, Д.А. Журбинський², А.С. Лин¹, канд. техн. наук
(¹Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)
(²Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля)*

ВПЛИВ ВИДУ АЕРОЗОЛЬУТВОРЮВАЛЬНИХ СПОЛУК НА ОСНОВІ СОЛЕЙ КАЛІЮ ТА ДОБАВОК ІНЕРТНИХ ГАЗІВ НА ФЛЕГМАТИЗУВАЛЬНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ АЕРОЗОЛЮ

Відомо, що флегматизувальна здатність аерозолу залежить від багатьох факторів, зокрема від виду окисників та палива в складі аерозольотворювальної сполуки. Розглянуто процеси, які призводять до підвищення флегматизаційної ефективності газоаерозольної системи. Виявлено, що аерозоль має флегматизувальні властивості, ефективність впливу яких залежить від співвідношення компонентів, які входять до його складу. Проведено експеримент з визначення флегматизаційної ефективності аерозолу, отриманого з різних рецептур аерозольотворювальних сполук. Зроблено висновок, що для подальшого підвищення флегматизаційної ефективності в аерозольній системі необхідно збільшити концентрацію газів – CO_2 , N_2 , пари H_2O .

Ключові слова: Флегматизатор, інгібітор горіння, вогнегасний аерозоль, аерозольотворювальна сполука.

Постановка проблеми: Сучасний стан застосування флегматизаторів в системі пожежної безпеки потребує подальшого підвищення ефективності, враховуючи зростаючі вимоги до рівня пожежної безпеки в установках, резервуарах та посудинах, де обертаються, зберігаються горючі гази, рідини, тверді речовини. Основними та найбільш поширеними в наш час флегматизаторами є гази CO_2 , N_2 , Ar , хладони та їх суміші. Але вони мають ряд недоліків, які актуалізують пошук нових ефективних недорогих флегматизаторів для застосування в сучасних умовах технологічних процесів з наявністю горючих речовин. Відомо, що вогнегасний аерозоль має широкий спектр характеристик, які дозволяють використовувати його в якості альтернативного до порошків вогнегасного засобу, а наявність таких характеристик, як час існування, інгібувальні властивості, складна аерозольногазова структура привертає увагу до флегматизаційних властивостей газоаерозольної системи, які представляють значний інтерес.

Виклад основного матеріалу:

Відомо, що структура аерозолу змінюється під час його існування: від моменту утворення аерозолу при повному спалюванні аерозольотворювальної суміші (АУС) до його знищення. В момент утворення аерозолу при спалюванні АУС з кожного грама АУС утворюється 3-5 л газоаерозольної суміші, яка складається з дисперсних частинок солей калію, натрію або кальцію. При згорянні АУС утворюються також і інертні гази флегматизатори - CO_2 , N_2 , водяна пара та ін., і дисперсні частинки солей, які утворюються при згорянні АУС. При взаємодії цих частинок утворюється складна система, структура якої постійно змінюється в часі. Так, в момент утворення газоаерозольна система складається з ультрадисперсних часточок солей калію, які можуть формувати структури з вмістом води та CO_2 . Такі структури будуть чинити набагато ефективнішу вогнепригнічувальну дію завдяки комбінованій дії інгібіторів та флегматизаторів [1]. Так, вогнегасний аерозоль який утворюється при згорянні рецептур, які містять додатково газифікатор – ДЦДА, ДФА та інші. Нами було проведено дослідження з вогнепригнічувальної ефективності таких складів за методикою [2].

Як було сказано попередньо, характер зміни залежності $\tau_{\text{гор}}$ від $M_{\text{в}}$ ($C_{\text{в}}$) в цих випадках описується лінійною залежністю в часовому діапазоні до 50 с. Результати цих досліджень для складів АУС, які найбільш характерно відображають загальну тенденцію залежності $\tau_{\text{гор}}$ від $M_{\text{в}}$ ($C_{\text{в}}$), представлені на рис 1. Виявилось, що із зменшенням концентрації кисню і одночасним збільшенням концентрації ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) ефективність всіх аерозолів зростає, що відображається у зменшенні необхідної вогнегасної маси АУС і вогнегасної концентрації газоаерозоль-

ної суміші. Але різні склади АУС і відповідно різні склади одержаних аерозолів по-різному реагують на зміну концентрації O_2 і (CO_2+H_2O) , що відображається нахилом прямих рис.1. Так, найбільш чутливими до зменшення концентрації кисню є всі аерозолі, що містять тільки KCl (одержані із АУС на основі окисника $KClO_4$), що відображається більш пологим нахилом прямих. А аерозолі, одержані із АУС, де окисником є тільки KNO_3 , мають дещо менший нахил. Введення до складу АУС поряд з KNO_3 додатково $KClO_4$ суттєво не впливає на нахил прямих, які залишаються практично паралельними до прямих, що відображають залежність $\tau_{гор}$ від C_v для АУС на основі окисника KNO_3 . Згідно з роботою [3], концентрація утворених інертних газів мала, отже, їх самостійний вплив на процес припинення горіння є мінімальним, зниження концентрації кисню також є мінімальним і достатнім для підтримання горіння. Відповідно роль газової фази щодо підвищення вогнегасної ефективності аерозолів може бути пояснена тим, що компоненти газової фази CO_2 і H_2O сприяють утворенню карбонатних і гідратованих форм твердої фази. Як вказано в роботі [4], при збільшенні вологості вогнегасна ефективність солей металів K, Na зростає. При горінні заряду АУС утворюється K_2O , який може прореагувати з CO_2 або з H_2O з утворенням K_2CO_3 або KOH , або одночасно з CO_2 і H_2O з утворенням $KHCO_3$. У цих випадках об'єм газової фази, а відповідно і аерозолу, зменшується, що призводить до збільшення концентрації твердої фази в одиниці об'єму аерозолу.



Рис. 1. Залежність часу горіння метану від концентрації аерозолу та наважки заряду АУС.

Крім того, в роботі [5] вказується, що гідрофільні частинки аерозолів дуже швидко взаємодіють з парами H_2O , утворюючи комплекси з набагато більшою кількістю води, ніж потрібно для утворення твердих кристалогідратів. Це є цілком зрозумілим, оскільки відомо, що із зменшенням ступеня подрібнення твердих речовин різко зростає їх адсорбційна здатність. Горіння АУС, де основним окисником є $KClO_4$, супроводжується значно більшим виділенням тепла і більшою температурою горіння, ніж АУС на основі KNO_3 , а будь-яке підвищення температури горіння АУС, відповідно з даними роботи [6], призводить до підвищення ступеня дисперсності таких аерозолів порівняно з аерозолями, де основним окисником є KNO_3 . Отже, газоаерозольна система буде мати достатньо розвинуту поверхню, чим і пояснюється той факт, що аерозолі, в яких тверда фаза представлена тільки KCl , знаходячись в більш подрібненому стані, проявляють більшу адсорбційну здатність відносно CO_2 і H_2O , що відображається більш пологим нахилом прямих залежності $\tau_{гор}$ від M_v .

Із результатів цих дослідів впливає пояснення складної ролі $KClO_4$ в підвищенні ефективності АУС де $KClO_4$ не тільки дає змогу компенсувати втрати тепла на розкладання KNO_3 , але й сприяє утворенню більш дрібніших (диспергованих) твердих частинок аерозолу. Вогнегасна ефективність всіх аерозолів підвищується навіть при незначному зменшенні концентрації кисню, тобто, при створенні умов збагачених сумішей, а солі металів проявляють високу рекомбінуючу здатність відносно до атомів кисню і особливо високу здатність до рекомбінації

мають хлориди металів, це і є поясненням більш пологого нахилу прямих залежностей $\tau_{гор}$ від M_b для аерозолів, де основним твердофазовим компонентом є KCl , це підтверджує ефект синергізму при одночасній наявності хлоридів та карбонатів в аерозолі.

Також доцільно згадати, що такі інгібітори як галогеновуглеводні також проявляють більшу вогнегасну ефективність в області збагачених сумішей [7,8, 9]. Крім того, як відомо, бромпохідні вуглеводнів проявляють набагато більшу вогнегасну здатність, ніж хлорпохідні, але не виключено, що і в цьому випадку суттєвими є чисто теплові фактори, бо бромпохідні легше дисоціюють [10] і тим самим можуть впливати на температуру горіння. Ще один автор [11] також не виключає можливості суттєвої зміни теплофізичних властивостей горючої суміші при введенні “важких молекул” хімічних інгібіторів. Так, 2-3% такої теплоємної речовини, як тетрафтордїбромтан: $M=260$, з теплоємністю парів 0,38 кДж/моль, енергією розпаду молекули, що починається при 450-500°C становить 273 кДж/моль, дійсно може суттєво змінити теплофізичні параметри горючої суміші.

Все це свідчить про те, що вогнегасна дія аерозолів має комбіновану природу як інгібіторів, так і одночасно теплових флегматизаторів.

Оскільки досліди відображають залежність ефективності аерозолів від сумарної концентрації CO_2+H_2O при одночасному зниженні концентрації кисню, то виникло питання про вплив індивідуальних газових розріджувачів (CO_2 і N_2) на вогнегасну ефективність аерозолів. З цією метою досліджувався вплив CO_2 і N_2 на ефективність газоаерозольної суміші. Встановлювали концентрацію CO_2 і N_2 , потім вводили в камеру визначений об'єм цих газів, причому умови дослідів змінювали, а саме – спочатку вводили в камеру CO_2 і N_2 , а потім спалювали наважку АУС і навпаки – спочатку спалювали наважку АУС, а потім вводили певний об'єм CO_2 і N_2 . В роботі [12] результати досліджень показали, що вогнегасна ефективність аерозолів не залежить від порядку введення інертних газів, а залежить тільки від їх концентрації.

Очевидно ця розбіжність пов'язана з тим, що під час горіння метану частина аерозолу після контакту з факелом дезактивується і виноситься вгору гарячими конвективними потоками, а для їх регенерації, завдяки взаємодії з навколишнім повітрям, необхідний певний проміжок часу і, в першу чергу, час на охолодження. Крім того, частина цього аерозолу після охолодження може осісти на стінках камери і буде виведена з процесу гасіння. Все це призводить до зменшення концентрації аерозолу. Введення відносно холодних інертних газів (CO_2 чи N_2) з температурою 20-24°C сприяє швидкому встановленню такого теплового режиму, при якому вогнегасна дія аерозолу проявляється більш ефективно.

Окремо досліджували вплив водяної пари. Спалювання наважок АУС проводили в атмосфері попередньо осушеного повітря. Осушення здійснювали методом циркуляції, пропускаючи повітря через прожарений $CaCl_2$. Результати показали, що мінімальна вогнегасна концентрація аерозолу в осушеному повітрі збільшується на 17-18%, тобто вогнегасна ефективність аерозолу погіршується. Після заповнення камери повітрям з відносною вологістю 75% (вологість контролювали психрометром), ефективність аерозолу збільшувалась до попереднього значення. Подальше збільшення вмісту вологи, аж до насичення, практично не впливало на ефективність аерозолу. Ці результати дають підставу стверджувати, що теплофізичні параметри газової фази істотно впливають на ефективність аерозолу, а аерозоль необхідно розглядати як комбінований засіб гасіння. На користь комбінованого характеру гасіння, як приклад, можна привести дані робіт, [12,14] в яких говориться, що наявність інертних газових розріджувачів значно підвищує ефективність аерозолу. Крім того, результати цих дослідів показали ще один немаловажний ефект. При одночасному використанні інертних розріджувачів сумісно з аерозолем, а саме з присутністю CO_2 чи N_2 , збільшується оптична проникність аерозолу, тобто збільшується видимість. Особливо це відчутно при концентраціях CO_2 від 2% і більше. З практичної точки зору це має важливе значення. При вирішенні питання, який інертний газ краще використовувати, стає очевидним те, що азот, завдяки його малій токсичності, має безумовну перевагу над CO_2 , хоча його допоміжна дія дещо нижча від CO_2 . Так, наприклад, введення 5% N_2 дає змогу знизити мінімальну вогнегасну масу заряду в 3,5 раза, при цьому концентрація кисню знизиться до 20 % об. [14]. Зниження мінімальної вогнегасної маси заряду АУС в 3,5 разів завдяки введенню CO_2 досягається при його концентрації 3,0% об.

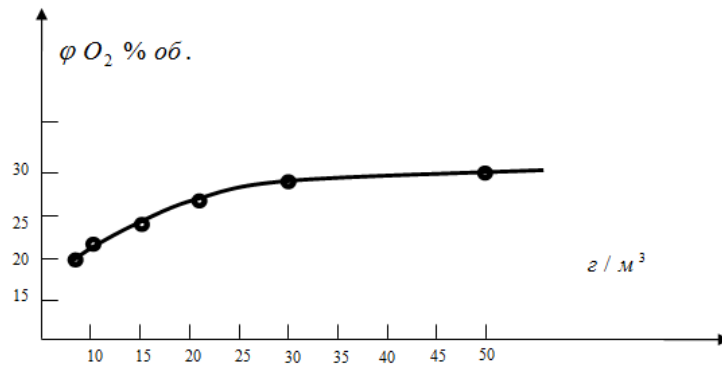


Рис. 2. Вплив концентрації O_2 на вогнегасну ефективність аерозолі.

Як видно, з рис. 2 підвищення концентрації кисню суттєво зменшує вогнегасну ефективність аерозолі, причому спостерігається не лінійна, а степенева залежність.

Так, збільшення концентрації кисню в 1,4 раза з 21 до 30% об., призводить до збільшення мінімальної вогнегасної маси заряду АУС в 7 разів (від 7 до 50 $г/м^3$).

Із залежності випливає, що з моменту досягнення концентрації кисню 30% об. і вище, аерозоль втрачає вогнегасну ефективність. З цього приводу доцільно привести дані роботи [13], де вказується, що порошки на основі бікарбонату і хлориду калію проявляють вогнегасну здатність при концентрації кисню не більше 30-33% об., але вогнегасна концентрація порошків набагато більша, ніж аерозолів результати якої корелюють за результатами роботи [14].

Це явище можна пояснити тим фактом, що в середовищах з підвищеним вмістом кисню процеси горіння характеризуються великими швидкостями і що найголовніше – високим рівнем тепловиділення. Тобто, створюються умови, які потребують більшої кількості теплового флегматизатора, в ролі якого виступає аерозоль і настає момент, коли теплопоглинальні властивості аерозолі не задовольняють умови гасіння, а тверді частинки K_2CO_3 і KCl також не здатні виконувати функції інгібітора.

Висновки: Розглянуті особливості взаємодії та процесу гасіння газоаерозольними сумішами свідчать про те, що природа вогнегасної здатності аерозолів є комбінованою – аерозоль діє одночасно як тепловий флегматизатор і як хімічний інгібітор. При спалюванні АУС на основі вуглеводів та внесенні вуглекислого газу, азоту та водяної пари в аерозоль спостерігалось підвищення вогнегасної ефективності вогнегасного аерозолі. Ці результати дають підставу стверджувати, що теплофізичні властивості газової фази значно більше впливають на вогнегасну ефективність аерозолів, ніж зміна концентрації O_2 .

Таким чином, газова фаза значно впливає на вогнепригнічувальну ефективність аерозолі і її роль в процесах флегматизування газоаерозольними сумішами є визначальною.

Література:

1. **Баланюк В.М.,** Грималюк Б.Т., Кіт Ю.В., Левуш С.С. Вплив газової фази на ефективність вогнегасних аерозолів // Вісник НУ "Львівська політехніка". – 2004. – №497. – С 11-12.
2. **Удосконалення** аерозолевої вогнегасної речовини на основі солей калію та обґрунтування умов її застосування. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Львів – 2007.
3. **Тарадайко В.** Особенности аэрозольного пожаротушения // Бюлетень пожежної безпеки. – 1999. – №1. – С. 24-30.
4. **Balanjuk V.M.,** Grymanjuk B. T., Kit J.V., Levus J.S. The influence of gas phases on fire-extinguish aerosol effect // 5th International Conference "Fireco2003" Fire Protection. – Trencin, 2003. – P.10-12.
5. **Грин Х.,** и Лейн В., Аэрозоли – пыли, дымы и туманы., пер. с англ. под редакцией д-ра хим. наук Н.А. Фукса, Л. 1969 г. 427 С.
6. **Бахман Н.Н.,** Беляев А.Ф. Горение гетерогенных конденсированных систем. – М.: Наука, 1967. – 226 с.

7. Антонов А.В. Проблема заміни озоноруйнівних хладонів на екологічно безпечні альтернативні вогнегасні речовини // Пожежна безпека. – 2003. – №3. – С. 9–12.
8. Исавнин Н.В. Средства порошкового пожаротушения. – М.: Стройиздат, 1983. – 154 с.
9. Котов А.Г., Андрейченко П.А. Газовые огнетушащие составы. Практическое пособие по применению. – К.: Изд. дом “Репро-Графіка”, 2004. – 215 с.
10. Абдурагимов И.М., Говоров В.Ю., Макаров В.Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров. – М.: ВПТШ МВД СССР, 1980. – 255 с.
11. Вогнегасні речовини. Посібник / Антонов А.В., Боровиков В.О., Орел В.П. та ін. – К.: Пожінформтехніка, 2004. – 176 с.
12. Баланык В.М., Грималюк Б.Т., Кіт Ю.В., Левуш С.С. Влияние газовой фазы на эффективность вогнегасных аэрозолей // Вісник НУ “Львівська політехніка”. – 2004. – №497. – С 11-12.
13. Тищенко А.М. Комбинированное пожаротушение инертными газами с одновременным ингибированием очагов горения порошковыми смесями // Проблемы пожарной безопасности. – 1999. – Выпуск 6. – С. 159-162.
14. Баланык В.М., Грималюк Б.Т. Дослідження впливу інертних розріджувачів на ефективність вогнегасних аерозолів // Пожежна безпека. – 2005. – №5. – С. 113-116.

V.M. Balanyuk, A.S. Lyn, D.A. Zhurbynskyuy

INFLUENCE OF THE AEROSOL COMPOSITION TYPE BASED ON POTASSIUM SALTS AND INERT GAS ADDITIVES ON PHLEGMATIC EFFICIENCY OF AEROSOL

It is known that the phlegmatic ability of aerosol depends on many factors in particular the type of oxidants and fuel within the aerosol composition. The processes that increase phlegmatic efficiency of gas aerosol system were studied. It was also discovered that aerosol possesses phlegmatic properties, efficiency of which depends on the ratio of components which make its composition. It was carried out an experiment to define the phlegmatic efficiency of aerosol, obtained according to different formulas of aerosol compositions. It is concluded that for further enhancing of phlegmatic efficiency in aerosol system it is necessary to increase the concentration of gases – CO₂, N₂ and H₂O vapour.

Key words: phlegmatizer, flame retardant, fire extinguishing aerosol, fire extinguishing aerosol compound

V.M. Balanyuk, A.S. Lyn, D.A. Zhurbin'skyiy

ВЛИЯНИЕ ВИДА АЭРОЗОЛЬОБРАЗУЮЩИХ СОСТАВОВ НА ОСНОВАНИИ СОЛЕЙ КАЛИЯ И ДОБАВОК ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ НА ФЛЕГМАТИЗИРУЮЩЮЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЭРОЗОЛЯ

Известно, что флегматизирующая способность аэрозоля напрямую зависит от многих факторов, в частности от вида окислителей и топлива в составе аэрозоль образующего соединения. Рассмотрены процессы, которые приводят к повышению флегматизирующей эффективности газоаэрозольной системы. Обнаружено, какие структуры в аэрозоле эффективней всего действуют флегматизации горючей системы. Проведен эксперимент из определения флегматизирующей эффективности аэрозоля при разных рецептурах составов. Обнаружено, что аэрозоль владеет флегматизирующими свойствами, эффективность которых зависит от соотношения компонентов входящих в эго состав. Сделан вывод, что для последующего повышения флегматизирующей эффективности в аэрозольной системе необходимо увеличить концентрацию газов – CO₂, N₂, водяного пара.

Ключевые слова: флегматизатор, огнетушащий аэрозоль, ингибитор горения, инертные газы.

