

В.М.Баланюк, Б.Т.Грималюк, к.х.н., доцент (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ІНЕРТНИХ ГАЗОВИХ РОЗРІДЖУВАЧІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВОГНЕГАСНИХ АЕРОЗОЛІВ

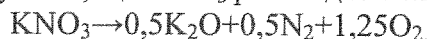
Дослідження впливу інертних газових розріджувачів – азоту і діоксиду вуглецю на вогнегасну ефективність аерозолів. Доведено, що сумісне використання таких розріджувачів і АВС є доцільним, оскільки ефективність вогнегасної дії аерозолів значно підвищується.

Пошук ефективних засобів гасіння пожеж ще й досі залишається актуальною проблемою. Останні кілька років дослідники і практики активно цікавляться аерозольними вогнегасними сумішами (АВС). Цей інтерес пояснюється тим, що АВС майже в 10 раз перевершують за вогнегасними властивостями широкоживані засоби об'ємного пожежогасіння [1-3]. АВС одержують спалюванням твердопаливної композиції (ТПК), яка складається з окисника (як правило, це KNO_3 ; KClO_4 чи їх суміші) і відновника-пального (епоксидна смола, ідітол, каучуки і т.п.), в процесі горіння ТПК утворюються конденсована та газова фази. Висока ефективність АВС пояснюється утворенням високодисперсної конденсованої фази з розміром частинок 1 мкм і менше. Оскільки конденсована фаза – це такі речовини як K_2CO_3 , KOH , KCl , то деякі дослідники схильні вважати, що механізм дії АВС подібний до механізму дії вогнегасних порошків [2-3]. Вплив газової фази АВС на процес пожежогасіння практично не розглядається через те, що масова частка інертних газів в загальній масі газового середовища не значна (до $0,025 \text{ кг/м}^3$), відтак, простим розбавленням зони горіння можна нехтувати [1]. Автор праці [2] вказує, що утворення великої кількості інертних газових розріджувачів, які проявляють значно нижчі вогнегасні властивості порівняно з твердими частинками призводить до зниження вогнегасної ефективності АВС.

У наступній публікації [3] цей же автор висловлює іншу точку зору щодо впливу газової фази на ефективність АВС. Він вказує, що підвищення ефективності АВС можна досягнути шляхом високого ступеня газифікації вихідних компонентів рецептур ТПК з максимально можливим вмістом інертних газових розріджувачів (азот, CO_2 , пари води), відтак, маса газових компонентів має бути більшою, ніж твердих. Також автор праці [7] зазначає, що високий ступінь газифікації ТПК сприяє підвищенню вогнегасної ефективності аерозолів.

Автор праці [3] доводить, що при горінні ТПК швидко знижується концентрація кисню в газоповітряному середовищі (в середньому на 1-4%) через частковий допал кисню середовища, який розбавляється інертними газовими розріджувачами.

Об'єм інертних газів, що утворюються при горінні ТПК, можна продемонструвати на прикладі горіння типової рецептури ТПК з від'ємним кисневим балансом складу: KNO_3 – 70% та ідітол – 30% (масових) за умови, що KNO_3 розкладається за реакцією:



а горіння суміші KNO_3 з ідітолом здійснюється за реакцією:



Відтак, кисень – окислювач з 10 грамів ТПК буде утворювати 1,68 л CO_2 і по 0,776 л N_2 і H_2O (за нормальних умов). Якщо вважати, що залишок ідітолу повністю догоряє за допомогою кисню з повітря, то додатково буде утворюватися ще 2,686 л CO_2 і 1,24 л H_2O . Загальна кількість інертних газів становитиме 7,158 л. Крім цього, на допал надлишку ідітолу витратиться 3,1 л кисню. Отже, після спалювання 10 г такого заряду ТПК, концентрація кисню в 1 м^3 становитиме 20,5%.

Оскільки частка інертних газів мала, то їх впливом дійсно можна нехтувати. Але в багатьох випадках вогнегасна концентрація аерозолів досягає 50, в інших – 100 г/м³. У цьому випадку, кількість інертних розріджувачів може досягти відповідно 35,8 і 71,58 л/м³, а концентрація кисню знизиться відповідно до 18,8 і 16,7% (об.). Крім того, при швидкому згорянні ТПК газів, що утворюються, мають достатньо високу температуру і їх об'єм буде більший від об'єму за нормальних умов. Так, наприклад, та сама кількість газів, що утворюється з 10 г ТПК при температурі 800 °С, буде займати об'єм 28,13 л. і через різке збільшення об'єму концентрація кисню може різко знизитися до 20%, а при більших кількостях ТПК можна очікувати ще різкішого зменшення концентрації кисню.

Таким чином, роль газової фази можна було б розглядати, як чинник, що сприяє тільки зменшенню концентрації кисню.

На наш погляд, таким висновком не можна обмежитися, оскільки газові компоненти не є інертними повністю. Слід взяти до уваги те, що К₂О, яка утворюється із КNO₃ в дрібнодисперсному стані, є активною сполукою і, знаходячись в атмосфері, що містить СО₂ і Н₂О, буде з ними дуже швидко взаємодіяти з утворенням КНСО₃, К₂СО₃ чи КОН. У цьому випадку об'єм газової фази буде зменшуватися пропорційно до кількості продуктів, що утворюються. Так, наприклад, із 10 грамів того самого заряду ТПК теоретично може утворитися 3,285 грамів К₂О, ця кількість К₂О може прореагувати з СО₂, або з Н₂О з утворенням К₂СО₃, або КОН, або одночасно з СО₂ і Н₂О з утворенням КНСО₃. У цьому випадку об'єм газової фази може зменшуватися приблизно на 0,3 л.

Крім того, відомо, що сполуки, зокрема, К₂СО₃, КОН і КСІ легко утворюють гідратовані форми –К₂СО₃•2Н₂О, КОН•Н₂О, КОН•2Н₂О, КОН•4Н₂О чи КСІ•1,5 Н₂О. Слід наголосити, що всі ці сполуки знаходяться в дрібнодисперсному стані, а це також буде сприятиме зменшенню об'єму газової фази.

Цілком можливо, що власне продукти взаємодії твердої і газової фаз відповідальні за високу вогнегасну здатність аерозолу. Це можна пояснити з точки зору здатності цих сполук до відбору тепла із зони горіння, оскільки відомо, що ці сполуки при відносно низьких температурах здатні досить легко розкладатися, особливо легко розкладаються гідратовані форми. Отже, інтенсивність відбору тепла із зони горіння буде залежати від кількості таких частинок.

Таким чином, роль газової фази в процесах гасіння аерозолями необхідно розглядати одночасно з наявністю твердої фази, тобто, як комбінований засіб гасіння. Адже в літературі [7] вже описано, що комбіновані засоби проявляють вищу вогнегасну ефективність, ніж індивідуальні речовини. Наприклад, розрідження суміші „природний газ + повітря” на 10 % азотом знижує вогнегасну концентрацію хладонів в 2 рази. Також у праці [8] вказується, що наявність інертних газових розріджувачів сприяє підвищенню ефективності вогнегасної дії хладонів, відтак, після додавання азоту концентрація кисню знижується всього до 19 % (об.), а необхідна концентрація хладонів зменшується в 2,5 рази.

Дослідження мінімальної вогнегасної концентрації ТПК та вплив інертних газових розріджувачів проводили в залізній камері об'ємом 12 л., в якій спалювали наважки ТПК і через 10 сек. вносили факел метанового полум'я (витрата метану становила 2,6 см³/сек). Якщо горіння метану тривало менше 1 сек., вважали, що було досягнуто мінімальної вогнегасної кількості ТПК. Мінімальна вогнегасна концентрація ТПК – це відношення мінімальної маси заряду до об'єму камери – С_м, г/м³. Цей метод подібний до описаного в праці автора. [3].

Проводячи дослідження з визначення мінімальної вогнегасної концентрації ТПК, різного складу, ми зауважили, що всі одержані АВС, не залежно від складу ТПК припиняють горіння факела метану за значно меншу кількість часу, ніж необхідно для самостійного припинення горіння метану без участі АВС. Так, у цьому об'ємі, при витраті метану 2,6 см³/сек., тривалість горіння факела метану становить ≈ 110 сек., за цей час

концентрація кисню знижується з 21 % до 16-17% (об.) (це було підтверджено хроматографічним аналізом), а після спалювання ТПК, тривалість горіння факела може становити 40-50 сек., за цей час концентрація кисню зменшилася до 18,5-19% (об.), тобто ще була достатньою для підтримування горіння.

Результати досліджень залежності часу горіння факела метану від вогнегасної концентрації найбільш ефективного ТПК (склад ТПК - предмет патентування) зображені на рис. 1.

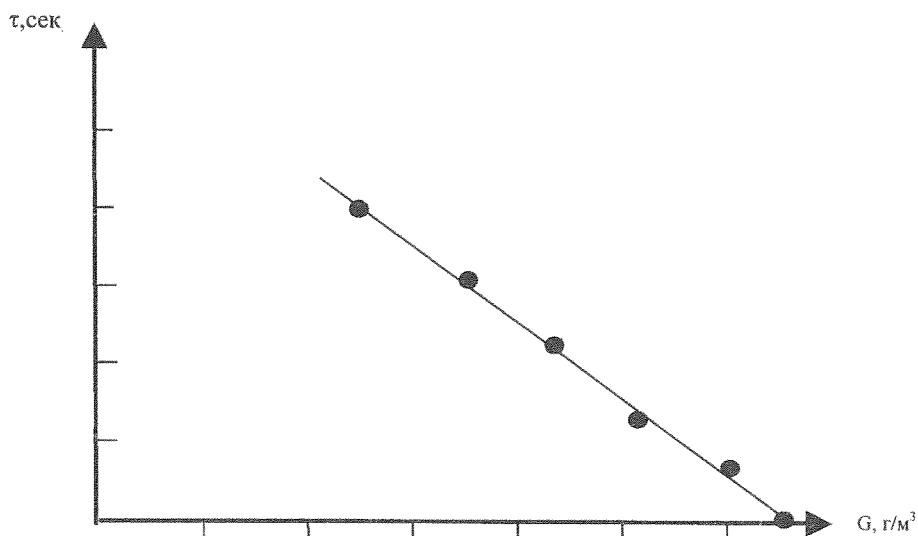


Рис. 1. Залежність часу горіння факела метану від концентрації ТПК.

Як бачимо, в цьому часовому діапазоні залежність часу гасіння від кількості ТПК є прямолінійною. Подібні результати були одержані і для інших складів ТПК. Це свідчить про те, що в припиненні горіння метану бере участь і газова фаза, не тільки яка утворилась з ТПК, але і продукти горіння метану – CO_2 і H_2O . Наприклад, для припинення горіння за 20 сек., достатньо наважки $4,2 \text{ г/м}^3$. За цей час концентрація кисню зменшиться до 20 % (об.), а концентрація CO_2 і H_2O через згоряння метану становитиме відповідно 0,45 і 0,9 % (об.). Така концентрація інертних газів не може самостійно впливати на прискорення процесу гасіння.

Зважаючи на те, що метан згоряє за реакцією $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, а зниження концентрації кисню відбувається тільки через горіння метану, було побудовано графік залежності мінімальної вогнегасної концентрації ТПК від сумарної концентрації $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ і концентрації кисню (рис. 2).

Як видно, збільшення концентрації $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ і одночасне зменшення концентрації кисню дійсно суттєво впливають на вогнегасну ефективність АВС. Якщо змінити умови дослідження – спалити певну кількість метану, тим самим знизивши концентрацію кисню та збільшивши концентрацію CO_2 та H_2O , потім спалити наважку ТПК, то мінімальна вогнегасна концентрація ТПК практично повністю співпаде з результатами, які показано на рис. 2.

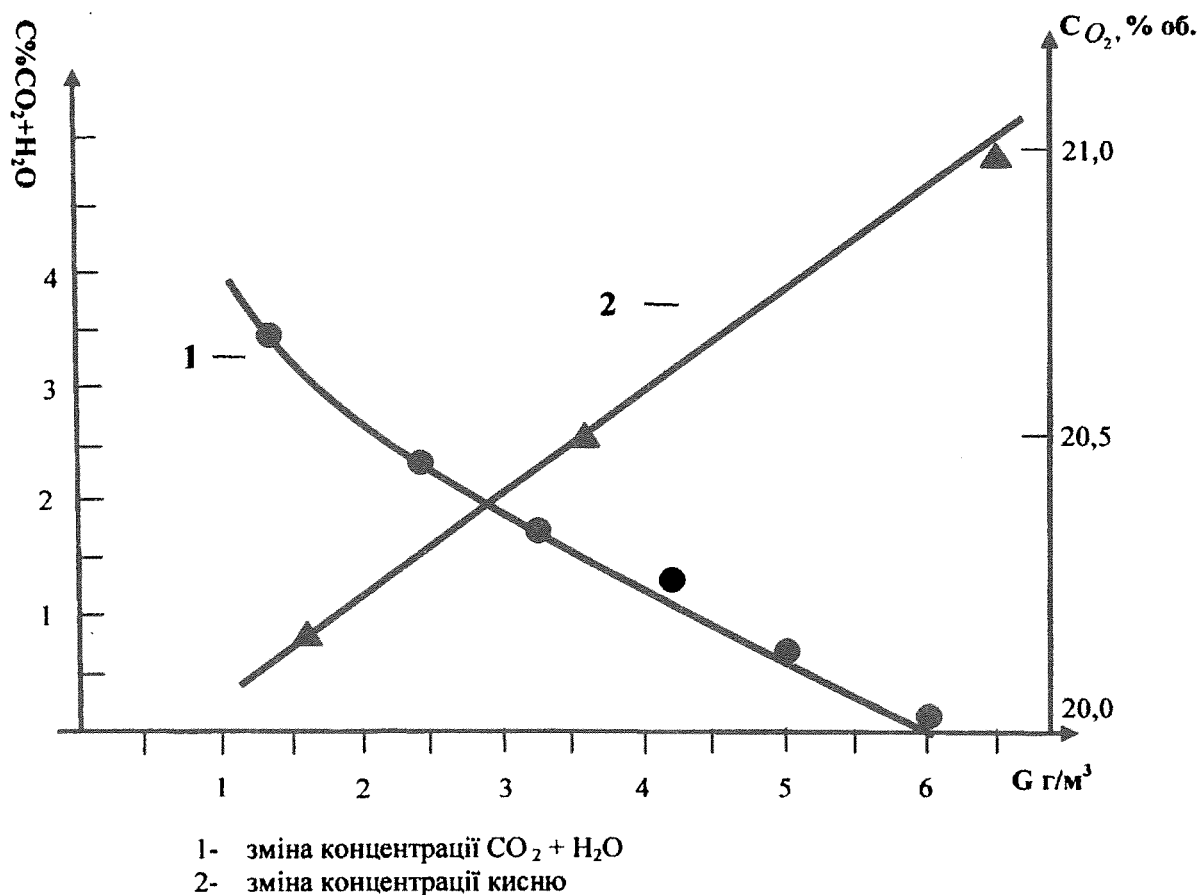


Рис. 2. Залежність мінімальної вогнегасної концентрації ТПК від сумарної концентрації CO₂ + H₂O і кисню.

Виникає питання: як можуть впливати індивідуальні інертні газові розріджувачі на ефективність АВС? Щоб отримати відповідь, ми досліджували вплив на ефективність АВС азоту і CO₂. Концентрацію CO₂ і N₂ змінювали, вносячи в камеру певний об'єм цих газів. Після внесення газів спалювали наважку ТПК і визначали мінімальну вогнегасну концентрацію ТПК. Результати цих дослідів зображені на рис. 3. Як видно, інертні газові розріджувачі значно впливають на вогнегасну ефективність аерозолів, відтак, вплив CO₂ значно сильніший, ніж N₂. Співставляючи ці результати з результатами, зображеними на рис.2, можна підсумувати, що вплив CO₂ + H₂O проявляється майже так само, як і CO₂. Проте в цьому випадку концентрація CO₂ в 2 рази менша ніж H₂O. Припускаємо, що тверда фаза є центром координації для створення комплексів „тверда частинка + CO₂ + H₂O”, а наявність водяної пари сприяє утворенню таких комплексів. Азот, очевидно, діє як розріджувач, що знижує концентрацію кисню. Результати цих дослідів показують, що зниження концентрації кисню також позитивно впливає на вогнегасну дію аерозолів.

Результати проведених досліджень показали, що застосування газових інертних розріджувачів одночасно з АВС для гасіння пожежі є доцільним, тому що дозволяє зменшити необхідну вогнегасну кількість зарядів ТПК, при незначному зменшенні концентрації кисню.

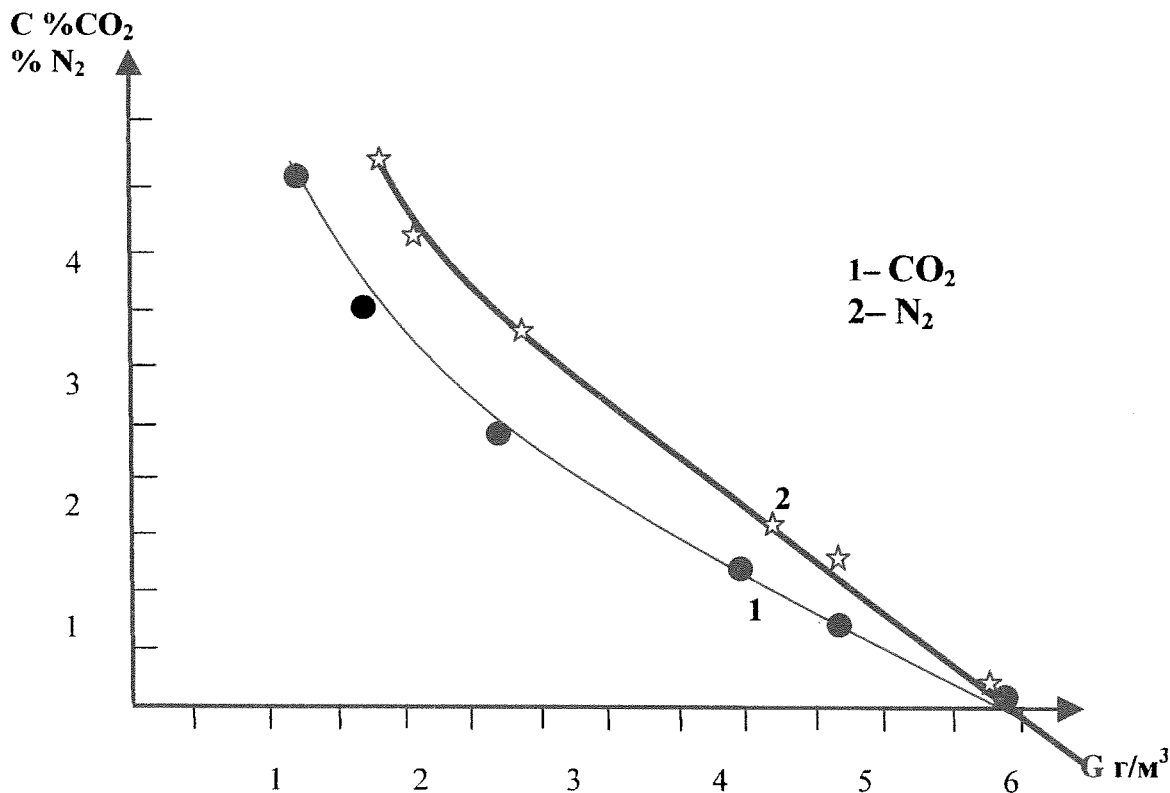


Рис. 3. Залежність мінімальної вогнегасної концентрації ТПК від концентрації CO_2 , і N_2 .

Крім того, нами було встановлено, що при застосуванні CO_2 , прозорість одержаного аерозоллю набагато вища ніж без CO_2 , що є важливим фактором при організації гасіння пожеж.

Ці дані можуть бути використані для вибору кількісного співвідношення інертного розріджувача та АВС щодо їх спільного застосування з метою попередження і гасіння пожеж.

ЛІТЕРАТУРА

1. Абдурагимов И.М., Говоров В.Ю., Макаров В.Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров. – М.: Высшая инженерная пожарно-техническая школа МВД СССР, 1980, – 255с.
2. Агафонов В.В., Копылов Н.П. Установки аэрозольного пожаротушения: Элементы и характеристики, проектирование, монтаж и эксплуатация, – М.: ВНИИПО, 1999. – 233с.
3. Агафонов В.В., Копылов Н.П. Обоснование механизма подавления газофазного горения аэрозолями АОС и пути повышения их огнетушащей способности// Материалы 16 Всероссийской научн.-техн. конф. – М.:ВНИИПО, 2001, – С.91-96
4. Баратов К.Н. Физические и химические аспекты пожаротушения экономически эффективными системами, основанными на сжигании пропелантов// Пожаровзрывобезопасность, 2001, – № 6, – С.26-32.
5. Жартовський В.М., Откідач М.Я., Цапко Ю.В., Тропінюв О.Г. Дослідження з визначення вогнегасної ефективності сумішей інгібіторів горіння та інертних розріджувачів// Науковий вісник УкрНДІПБ, 2003, – №2 (8), – С.5-10.