

¹В.М. Баланюк, канд. техн. наук, доцент, ²О.І. Гарасимюк, ¹П.В. Пастухов
(¹Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)
(²Головне управління державної служби надзвичайних ситуацій України у Київській області)

ВИЗНАЧЕННЯ ВОГНЕГАСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЕЯКИХ АЕРОЗОЛЬУТВОРЮЮВАЛЬНИХ СПОЛУК

Вогнегасна ефективність аерозолі залежить від багатьох факторів, зокрема від виду окисників та палива в складі аерозольуювальної сполуки, а також умов за яких відбувається гасіння. Розглянуто методики та фактори, які впливають на ефективність аерозольної системи у відповідних умовах. Виявлено, що вогнегасна ефективність аерозолі за різних умов може становити різні значення. Проведено експеримент з визначення вогнегасної ефективності аерозолі, отриманого з різних рецептур аерозольуювальних сполук. Зроблено висновок, що запропоновані методики дають задовільний результат з значення вогнегасної ефективності аерозольних засобів пожежогасіння.

Ключові слова: методика з визначення вогнегасної ефективності, інгібітор горіння, вогнегасний аерозоль, аерозольуювальна сполука.

Актуальність роботи. В наш час ефективність вогнегасних речовин є важливим аспектом при їх виборі для гасіння та протипожежного захисту об'єктів. Але визначення ефективності більшість авторів проводять за власними методиками, які не завжди є адекватними до умов гасіння та відображають всі фактори впливу вогнегасної субстанції на полум'я. З вогнегасних засобів останнім часом найменші вогнегасні концентрації створюють установки аерозольного пожежогасіння, які складаються з корпусу та генераторів вогнегасного аерозолі (ГВА). Генератори вогнегасного аерозолі – складаються з аерозольуювальної сполуки (АУС). Аерозольуювальна сполука представляє собою суміш окисника та палива. В якості окисників в більшості випадків застосовуються KNO_3 , KClO_4 , та інші, в якості палива – каучуки, полімери, смоли. В результаті згорання утворюються вогнегасні компоненти – (K_2CO_3 , KCl , CO_2 , KOH , KHCO_3 , H_2O) та побічні продукти які зменшують вогнегасну ефективність – CO , C , NxOy , KNO_2 , обривки полімерів. В експериментальній АУС «Багр -1» досягається більш повне перетворення вихідних компонентів в кінцеві, ніж в АУС «Союз». Можна передбачити що АУС «Багр -1» буде ефективнішою ніж, АУС «Союз», але менш ефективною, ніж аерозольуювальна сполука «АГС» фірми «Граніт Саламандра».

Об'єкт досліджень: дослідна аерозольуювальна сполука (АУС) під умовною назвою «Багр-1», на основі KNO_3 , та KClO_4 , промисловий АУС «Союз» виробництва фірми «Dynamit Nobel» (Німеччина) на основі KNO_3 , та нітроцелюлози і АУС фірми «АГС» на основі KNO_3 .

Мета дослідження: Визначити мінімальні вогнегасні концентрації для зразків АУС «Багр-1», «Союз» та «АГС».

Методи дослідження: дослідження проводились за такими методами: визначення мінімальної вогнегасної концентрації аерозолі, а саме метод «камери» та визначення мінімальних вогнегасних концентрацій засобів пожежогасіння - метод «циліндра».

Методика визначення мінімальної вогнегасної концентрації аерозолі методом «камери»

Для знаходження з задовільною точністю мінімальної вогнегасної маси АУС (M_B), за якої час горіння модельного осередку вогню стає мінімальним і наближається до нуля, тобто відбувається практично миттєве припинення горіння. Автори роботи [1] використовували подібний метод визначення мінімальної вогнегасної концентрації для аерозолі. Об'єм камери становив 56 л, а час, за який приймалась мінімальна вогнегасна концентрація, – 4 – 6 с., що за досить низьких мінімальних вогнегасних концентрацій є дещо незручним. Тому час визначення мінімальної вогнегасної

концентрації було зменшено до 2 секунд. Досліджуючи залежність тривалості горіння модельного осередку вогню (факелу метану) від довільно взятої наважки АУС, зробили припущення, що між $\tau_{\text{гор.}}$ та M_B в певному часовому діапазоні існує лінійна залежність. Користуючись методом найменших квадратів стандартної програми «Excel» було обчислено коефіцієнт кореляції $r_{x,y}$. Якщо $r_{x,y}$ є близьким за своїм значенням до одиниці, це свідчить про те, що залежність між $\tau_{\text{гор.}}$ і M_B є практично лінійною. Залежність між $\tau_{\text{гор.}}$ та M_B може бути записана у вигляді:

$$\tau_{\text{гор.}}(i) = a - b \cdot M_e(i)$$

Мінімальна вогнегасна концентрація (M_B) знаходиться за умови, що $\tau_{\text{гор.}} = 0$ -2сек.

Всі дослід з визначення мінімальної вогнегасної концентрації досліджуваних зразків проводились в умовно-герметичній камері виготовленій у формі паралелепіпеда (29,6x20x19,8;см) об'ємом 11,7л. із листової сталі товщиною 1 мм з оглядовим вікном та отворами для електричного джерела запалювання та вентилявання. Вибір об'єму камери здійснено з огляду на раціональне проведення експериментів та одержання задовільної збіжності. Подальше зменшення об'єму камери ставить вимоги до точності зважування маси АУС. Як палик використовували скляну трубку з внутрішнім діаметром 1мм, через яку подавали метан. Витрату метану регулювали відповідними кранами і контролювали реометром.

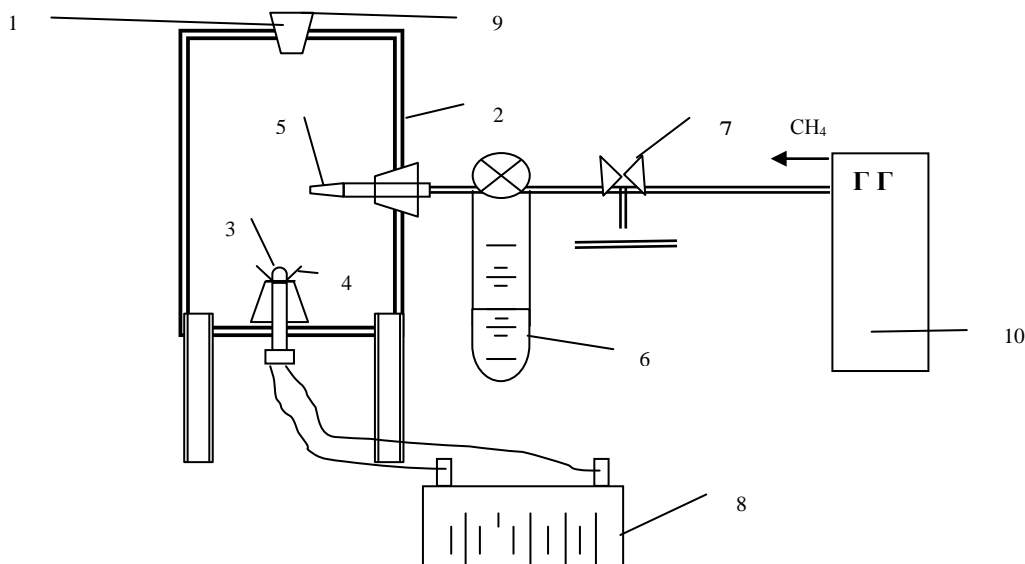


Рис. 1. Схема установки для визначення мінімальної вогнегасної маси АУС (M_B):
1 – гумовий корок; 2 – камера об'ємом 11,7 л; 3 – джерело запалювання «Іскра»;
4 – чашка для наважки АУС; 5 – металевий пальник; 6 – реометр; 7 – газовий кран;
8 – акумулятор; 9 – оглядове вікно; 10 – газовий балон

Експериментальні дослідження виконувалися в такій послідовності:

1. В попередньо провентильованій камері спалювали наважку АУС;
2. Через 10 с після спалювання через боковий отвір вносили попередньо запалений факел метану;
3. Фіксували тривалість горіння факела;
4. Зважуючи наважку АУС до спалювання і залишок після спалювання, встановлювали

ступінь перетворення АУС в аерозоль – К, %: $K = \frac{M_0 - M_{\text{зал.}}}{M_0} \cdot 100, \%$

5. Розраховували масу утвореного аерозолу. Враховуючи об'єм камери знаходили мінімальну вогнегасну масу заряду АУС – M_B ; $г/м^3$, а також мінімальну вогнегасну концентрацію аерозолу

$$C_6 = \frac{M_0 - M_{зал.}}{V_{камери}} \cdot 1000, г/м^3$$

Для порівняльної оцінки ефективності різних АУС було введено безрозмірну величину E – ефективність, яка відображає взаємозв'язок величини M_B і ступінь перетворення заряду.

$$E = \frac{10000}{M_B^2 \cdot K}, \quad (M_B - г/м^3; K - \%)$$

Попередніми дослідженнями було встановлено, що на залежність $\tau_{зоп.}$ від M_B впливає тривалість горіння факела метану до моменту самозагасання в атмосфері без аерозолу. Задовільні за відтворюваністю результати одержували за умови, що тривалість горіння метану без аерозолу становить 120 с, і відповідає витраті метану $7,5 \cdot 10^{-3} м^3/год$, або 0,125 л/хв. За цих умов, в часовому діапазоні до 50 с залежність $\tau_{зоп.}$ від M_B задовільно описувалася лінійною функціональною залежністю, коефіцієнт кореляції в усіх випадках наближався до 1 (0,93 – 0,97).

Після обробки одержаних результатів за умови, що $\tau_{зоп.} = 0$, отримували значення M_B . Одержані розрахункові значення M_B перевіряли експериментально. В усіх випадках відтворюваність M_B була достатньо високою, експериментальні значення практично повністю збігалися з розрахунковими.

Мінімальну вогнегасну масу заряду АУС визначали за вищеописаною методикою. Відповідно до теорії планування експерименту [2, 3] для двопараметрової експериментальної залежності мінімальна кількість розрахункових точок визначається виразом $N = 2^n$ де N – мінімально необхідна кількість точок;

n – число розрахункових факторів;

Для лінійної апроксимації рівняння вигляду $y = a + bx$ розраховують два фактори (a і b) тоді мінімальна кількість експериментальних точок дорівнюватиме:

$$N = 2^2 = 4$$

Щоб пересвідчитись, що запропоновану методику можна застосовувати для різних рецептур АУС, кількість експериментальних точок було вирішено збільшити до 7.

В подальших експериментах цей метод був застосований для знаходження M_B різних АУС.

Таким чином, використовуючи запропоновану методику, та методику яка використовується для визначення мінімальної вогнегасної концентрації для газових вогнегасних речовин, було визначено мінімальні вогнегасні концентрації для дослідних взірців. Результати проведених досліджень (табл. 1) є повністю збіжні та повторюються для тих самих АУС з відношенням 1,5. В таблиці наведені усереднені дані M_B . Методика визначення мінімальних вогнегасних концентрацій засобів аерозольного пожежогасіння методом «циліндра» ґрунтується на визначенні мінімальної концентрації вогнегасного аерозолу в повітрі, за якої відбувається гасіння осередку протягом 2-х секунд, шляхом реєстрації тривалості гасіння в серії дослідів з різним вмістом вогнегасного аерозолу в об'ємі циліндра.

Дослідження проводять в такому порядку. В модельний осередок, підвішений над випробувальним циліндром окремо від установки, заливають пальне до позначки приблизно 1мм від верхнього зрізу, запалюють його і витримують протягом 30 с.

Натисканням на важіль підйомного механізму відкривають отвір у кришці випробувального циліндра, піднімають і фіксують «циліндр». Тривалість цієї операції не повинна перевищувати 1 с. В момент входження осередку горіння в циліндр пристрій для вимірювання тривалості гасіння (електронний секундомір) вмикається, а з припиненням горіння – вимикається. Реєструють одержаний результат. Продувають випробувальний циліндр повітрям. По-

вторюють операції з визначення мінімальної вогнегасної концентрації збільшуючи або зменшуючи об'ємну концентрацію вогнегасної речовини (залежно від результатів попереднього визначення), з кроком не більше 5 % від очікуваного значення МВК. Проводять ще по 3-4 операції при концентраціях вогнегасної речовини, значення яких відрізняються між собою на величину кроку, а тривалість гасіння при одній з них не перевищує 2 сек. Мінімальною вогнегасною концентрацією аерозолі вважається мінімальна концентрація, за якої тривалість гасіння в умовах експерименту не перевищує 2 с. Максимальне відхилення результатів визначення, одержаних одним оператором за однакових умов, від середнього арифметичного значення не повинно перевищувати 5 %.

Установка «циліндр» складається з таких основних елементів (рис.1): секундомір електронний цифровий СЕЦ 10000 Щ, вимірювання тривалості гасіння від 0 до 100 с, психрометр МВ-4М, вимірювання відносної вологості від 10% до 100 %.

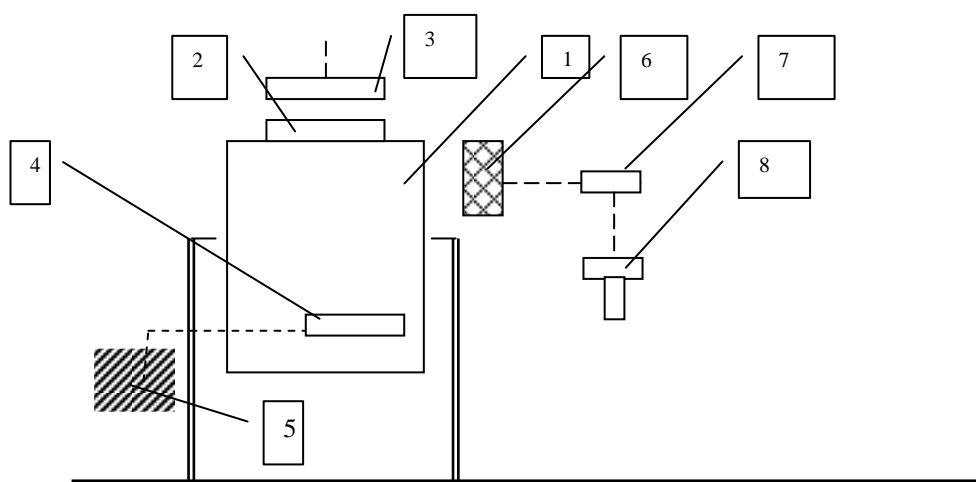


Рис. 1. Схема установки для визначення МВК методом «циліндра»

- 1 – випробувальний циліндр; 2 – корок, 3 – модельний осередок;
 4 – джерело нагрівання; 5 – регулюючий трансформатор; 6 – фотоелемент;
 7 – блок керування секундоміром; 8 – електронний секундомір

- Випробувальний об'єм являє собою скляний циліндр місткістю від 3,5 л з газовим відводом у боковій стінці і з отвором у кришці діаметром від 40 до 50 мм, який автоматично закривається корком; усередині циліндра розташовано нагрівальний елемент (джерело запалювання АУС).

- Підйомний механізм, який забезпечує відкривання отвору у кришці випробувального циліндра, піднімання циліндра та його фіксацію в такому положенні, при якому верхній зріз модельного осередку знаходиться не менш як на 130 мм нижче отвору у кришці.

- Модельний осередок дифузійного горіння з внутрішнім діаметром 30 мм і висотою 20 мм;

- Пристрій для реєстрації часу гасіння, який вмикається в момент входження модельного осередку в полум'я і вмикається в момент припинення горіння.

- Пальне н-гептан за ГОСТ – 25828-83 [4] .

Таблиця 1

Результати визначення мінімальних вогнегасних концентрацій АУС «Багр-1» та «Союз» методом «циліндра» та методом «камери»

Назва АУС	Мінімальна вогнегасна концентрація, г/м ³			
	Методом «камери» (гасіння метану)		Методом «циліндра» (гасіння н-гептану)	
АУС «Союз»	17,0	17	34,0	34,00
АУС «Союз»	16,9		34,0	
АУС «Союз»	17,0		34,1	
АУС «Союз»	17,0		34,0	
АУС Багр-1	7,0	6,9	16,0	16,00
АУС Багр-1	6,9		16,2	
АУС Багр-1	7,0		16,0	
АУС Багр-1	6,9		16,0	
АУС «АГС»	6,3	6,45	15,5	15,75
АУС «АГС»	6,5		15,7	
АУС «АГС»	6,5		15,6	
АУС «АГС»	6,5		15,5	

Результати дослідження АУС „Союз” німецького виробництва «Dynamit Nobel», у яких основними складовими є нітрат калію і нітроцелюлоза, - (співвідношення не відомі), показали достатньо високу ефективність (конверсія становить 96%, мінімальна вогнегасна концентрація 17,0 г/м³ при гасінні метану), але інтенсивність горіння є надзвичайно високою і спостерігається достатньо високий та інтенсивний форс полум'я.

Результати мінімальної вогнегасної концентрації Мв, отримані за різними методиками є збіжними. Мінімальна вогнегасна концентрація, визначена методом «Камери» для розробленого АУС Багр-1 становить 6,9 г/м³, для „Союз” «Dynamit Nobel» - 16,9 г/м³. Мінімальна вогнегасна концентрація, визначена методом «циліндра», становить для АУС Багр-16,0 г/м³ та для «Союзу» 34 г/м³. Мінімальна вогнегасна концентрація, визначена методом «циліндра» становить для АУС АГС - 15,75 г/м³ та методом «камери» - 6,45 г/м³. При використанні дослідницького методу «камери» результати мінімальної вогнегасної концентрації є меншими, ніж Мв за методикою, для газових вогнегасних речовин, адже відомо, що для гасіння н-гептану вогнегасна концентрація має бути більшою, ніж для метану.

Висновок: На підставі проведених випробувань встановлено, що найефективнішим аерозольотворювальним складом буде «АГС» з вогнегасною концентрацією для метану близькою 6,45 г/м³ і для н-гептану 15,75 г/м³. Аерозольотворювальний склад Багр-1 буде мати такі концентрації: 6,9 г/м³ для метану і 16 г/м³ для н-гептану. Враховуючи вказані значення ефективності АУС «Багр-1» і зважаючи на його невисоку вартість, простоту виготовлення та високі експлуатаційні характеристики, АУС «Багр-1» може використовуватись в якості доступного аерозольотворювального складу в різноманітних аерозольних засобах гасіння, включаючи і малогабаритні переносні вогнегасні засоби.

Список літератури:

1. Агафонов В.В., Копылов Н.П.. Установки аерозольного пожаротушения. Элементы и характеристики, проектирование, монтаж и эксплуатация. В.В. Агафонов, Н.П. Копылов. Москва: – 1999 г.
2. Адлер Ю.П.. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. // – М. : Наука, 1976. – 280 с.
3. ГОСТ 24026-80. Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения.
4. ГОСТ 25828-83. Гептан нормальный эталонный. Технические условия.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОГNETУШАЩЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ АЭРОЗОЛЕТВОРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Огнетушащая эффективность аэрозоля зависит от многих факторов, в частности от вида окислителя и топлива в составе аэрозолетворного соединения, а также условий, при которых происходит тушение. Рассмотрены методики и факторы, влияющие на эффективность аэрозольной системы в зависимости от соответствующих условий. Установлено, что огнетушащая эффективность аэрозоля при различных условиях может быть разной. Проведен эксперимент по определению огнетушащей эффективности аэрозоля, полученного по разным рецептурам аэрозолетворных соединений. Сделан вывод, что предложенные методики дают удовлетворительный результат значения огнетушащей эффективности аэрозольных средствах пожаротушения .

Ключевые слова : методика по определению огнетушащей эффективности, ингибитор горения, огнетушащий аэрозоль, аэрозолетворное соединение .

V.M. Balanyuk, O.I. Herasymyuk, P.V. Pastukhov

EXTINGUISHING EFFICIENCY OF SOME AEROSOL-POIETIC COMPOSITION

Aerosol extinguishing efficiency depends on many factors, namely on oxidant and fuel types as part of aerosol-poietic composition as well as extinguishing factors. Methods and factors influencing aerosol system effectiveness in respective conditions are examined. It is displayed that aerosol extinguishing effectiveness in different conditions can comprise distinct values. Experiment on aerosol extinguishing efficiency specification gained from different aerosol-poietic composition formulas was held. Suggested methods provide satisfactory result on significance of aerosol-poietic composition extinguishing efficiency.

Keywords: methodology on extinguishing efficiency significance, fire retarder, fire-extinguishing aerosol, aerosol-poietic composition.

