

В. М. Баланюк, Н. М. Козяр, А. В. Кравченко

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ПІДШАРОВЕ ГАСІННЯ СПИРТІВ БІНАРНИМИ СУМІШАМИ ВОГНЕГАСНОГО АЕРОЗОЛЮ ТА CO₂

Вступ. Зараз постійно збільшується кількість підприємств та технологічних процесів де використовуються спирти та спиртотримісні рідини. Спирти завдяки вмісту в молекулі карбону, водню та кисню володіють підвищеними пожежовибухонебезпечними властивостями, – а саме: високою температурою горіння, низькою нижньою концентраційною межею поширення полум'я, високою швидкістю випаровування завдяки низькій температурі кипіння та значним тиском вибуху. Таким чином для підвищення пожежної безпеки підприємств, які виготовляють або застосовують спирти, пошук вогнегасних засобів, які б одночасно забезпечували як поверхневе гасіння, так і об'ємну флегматизацію спиртоповітряних сумішей, є актуальним.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є визначення вогнегасних факторів та ефективності підшарового гасіння бінарними сумішами вогнегасного аерозолю та CO₂.

Задачі дослідження. Встановити вогнегасні фактори підшарового гасіння спиртів бінарними сумішами вогнегасного аерозолю та CO₂. Визначити вогнегасну ефективність підшарового гасіння спиртів бінарними сумішами вогнегасного аерозолю та CO₂.

Методи. В роботі за розробленою методикою із застосуванням метрологічно атестованого обладнання та повірених засобів вимірювання, визначено мінімальну вогнегасну об'ємну концентрацію компонентів бінарної газоаерозольної суміші на розробленій установці.

Результати. Встановлено, що максимальна вогнегасна інтенсивність подачі аерозолю, утвореного з АУС на основі: сахарози – 33%, нітрату калію KNO₃ – 67%, становить близько 6 г/с в умовах експериментальної установки. Експериментально встановлені вогнегасні інтенсивності подачі аерозолю та його бінарної суміші з CO₂. Виявлено, що добавка CO₂ до аерозолю зменшує час виходу на поверхню пухирців газоаерозолю та гасіння до 1,5 разів. Виявлено, що розміри бульбашок при добавлянні CO₂ є більшими на 10-35 % ніж у випадку застосування самого CO₂.

Висновки. Результати проведених досліджень засвідчили, що бінарні газоаерозольні суміші володіють високою вогнегасною ефективністю при їх підшаровій подачі для гасіння спиртів та є в декілька разів ефективніші, дешевші, а також мають у декілька разів триваліший час експлуатації, порівняно з традиційними вогнегасними засобами.

Ключові слова: вогнегасний аерозоль, пожежогасіння, вогнегасник, генератор вогнегасного аерозолю.

V. M. Balanyuk, N. M. Kozyar, A. V. Kravchenko

Lviv State University of Life Safety

SUB-LAYER EXTINGUISHING OF ALCOHOLS BY BINARY MIXTURES OF FIRE-EXTINGUISHING AEROSOL AND CO₂

Introduction. Now the number of enterprises and technological processes where alcohols and alcohol-containing liquids are used is constantly increasing. Due to the content of carbon, hydrogen and oxygen in the molecule, alcohols have increased flammable properties, namely: high combustion temperature, low lower concentration limit of flame propagation, high evaporation rate due to low boiling point and significant explosion pressure. Thus, in order to increase the fire safety of alcohol enterprises, is relevant the search for fire extinguishers that would provide both surface extinguishing and volumetric phlegmatization of alcohol-air mixtures.

The purpose and objectives of the study. The aim of the work is to determine the fire extinguishing factors and the efficiency of sublayer extinguishing by binary mixtures of fire extinguishing aerosol and CO₂. Research objectives To establish fire-extinguishing factors of sublayer extinguishing of alcohols by binary mixtures of fire-extinguishing aerosol and CO₂. To determine the fire-extinguishing efficiency of sublayer extinguishing of alcohols by binary mixtures of fire-extinguishing aerosol and CO₂.

Methods. In the work according to the developed method with the use of metrologically certified equipment and certified measuring instruments, the fire-extinguishing minimum volume concentration of the components of the binary gas-aerosol mixture on the developed installation was determined.

Results. It was found that the maximum fire-extinguishing intensity of the aerosol formed from aerosol based compound based on sucrose (33%), potassium nitrate KNO_3 (67%), is about 6 g / s in the experimental setup. The fire-extinguishing intensities of aerosol supply and its binary mixture with CO_2 have been experimentally established. It was found that the addition of CO_2 to the aerosol reduces the time of emergence of gas aerosol bubbles and quenching to 1.5 times. It was found that the size of the bubbles when adding CO_2 is 10 -35% larger than when using CO_2 itself.

Conclusions. The results of the research showed that binary gas-aerosol mixtures have high fire-extinguishing efficiency with their sublayer supply for extinguishing alcohols and are several times more efficient, cheaper and have several times longer service life compared to traditional fire extinguishers.

Key words: Fire extinguishing aerosol, fire extinguishing, fire extinguisher, fire extinguishing aerosol generator.

Постановка проблеми. Відомо, що спирти характеризуються підвищеною вибухопожежонебезпекою через можливість утворювати з повітрям вибухонебезпечні суміші, які при внесенні джерела запалювання можуть вибухати, спалахувати з подальшим продовженням горіння. Завдяки вмісту в молекулі спирту кисню, водню та карбону спирт має високу температуру горіння, а також може руйнувати класичні піноутворювачі на їх поверхні. Це потребує використання піноутворювачів спеціального призначення, які є дорогими, токсичними та мають підвищену корозійну активність. Крім цього, подача піни на поверхню спирту не забезпечує об'ємного гасіння та флегматизування горючої пароповітряної суміші, яка утворюється в результаті випаровування спирту над поверхнею рідини. Таким чином, для підвищення пожежної безпеки спиртових підприємств, актуальним є пошук нового способу гасіння та флегматизування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Відомо [1], що параметри вибухопожежонебезпеки для спиртів є такі: концентраційні межі поширення полум'я, наприклад для етанолу, лежать межах від 3,6 до 19 %, температура спалахування становить 13 °C, температура горіння – близько 1000 °C.

Проблема гасіння спиртів завжди була актуальною, оскільки відомі способи гасіння [2] не забезпечують ефективного, швидкого, надійного, дешевого та основне «чистого» гасіння спирту та флегматизування пароповітряної суміші. На сьогодні гасіння спиртів здійснюють в основному спиртостійкими піноутворювачами, які є дорогими, корозійно-активними, токсичними і для гасіння потребують ще і спеціального обладнання – насосів для подачі розчину піноутворювача [3]. Зазначені системи [4] потребують регулярного обслуговування, заміни піноутворювача та інших дій, що спричиняє постійні фінансові, трудові та часові витрати.

Матеріали та методи досліджень. Маючи на меті дізнатися більше про вогнегасну ефективність аерозолу та як може впливати вуглекислий газ на вогнегасну ефективність такої бінарної суміші при підшаровому гасінні спиртів, було розроблено установку з визначення вогнегасної ефективності, на якій досліджено вплив добавок вуглекислого газу на вогнегасну ефективність аерозолу. В якості аерозольоутворювальної суміші (АУС) використовували суміш сахарози – 34% та нітрату калію – 66%, а для

отримання бінарної вогнегасної суміші додавали CO_2 з 1л ємності.

Для визначення зазначених параметрів було розроблено методику проведення випробування та представлено на рис. 1 лабораторну установку.

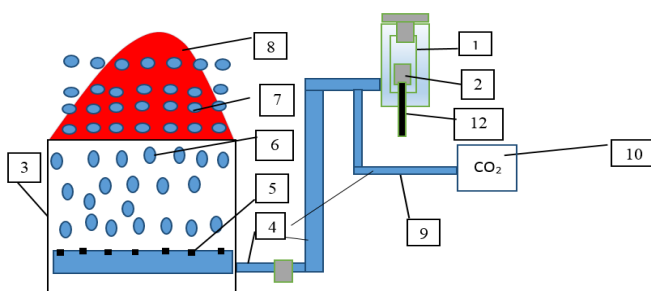


Рисунок 1 – Лабораторна установка для визначення вогнегасної ефективності підшарового гасіння спиртів:

1 – приймальна камера; 2 – заряд АУС визначеної конфігурації; 3 – теплоізолятор; 4 – трубопровід; 5 – розподільник аерозолу; 6 – бульбашки аерозолу; 7 – частинки аерозолу в зоні горіння; 8 – дифузійне полум'я спирту; 9 – посудина з CO_2 ; 10 – перекривні крани; 12 – джерело запалювання

Лабораторна установка (рис.1) для визначення вогнегасної ефективності підшарового гасіння вогнегасним аерозолем представляє собою посудину з нержавіючої сталі з такими розмірами: ширина – 153 мм; довжина – 153 мм та висота – 185 мм яка з'єднана трубопроводом з приймальною камерою в якій розташовується заряд АУС який контактує з джерелом запалювання.

Згідно із зазначеною методикою, АУС поміщають в приймальну камеру та герметизують, потім спирт підпалюють і чекають 120 секунд. Після досягнутого стабільного горіння спирту електричним запальником підпалюємо АУС, який утворює аерозоль, що під тиском надходить через трубопровід в який подається CO_2 , а далі подається на розподільник, який розташований на дні посудини. Далі аерозоль барботується через шар рідини та виходить на її поверхню, звідки він потрапляє в зону горіння. З метою забезпечення відповідної швидкості горіння АУС, був виготовлений циліндр з АУС з визначеним діаметром, що забезпечувало його відповідну масову швидкість згорання. Масову швидкість горіння АУС визначали на вагах, де розміщували АУС відповідної конфігурації, підпалювали та фіксували час горіння. Масову швидкість було отримано в результаті ділення маси АУС на час горіння.

Для порівняння було визначено мінімальну об'ємну вогнегасну концентрацію аерозолу та його бінарної газоаерозольної суміші з CO₂.

Результати досліджень. В результаті використання розробленої установки та методики встановлено, що максимальна вогнегасна інтенсивність подачі аерозолу, утвореного з АУС на основі сахарози – 33%, KNO₃ – 67%, становить близько 6 г/с. Експериментально встановлені особливості подачі аерозолу та його бінарної суміші з CO₂. При цьому виявлено, що добавка CO₂ до аерозолу зменшує час виходу на поверхню пухирців газоаерозолу та гасіння.

Результати досліджень представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Об'ємні вогнегасні концентрації аерозолу та CO₂ при гасіння спиртів

№ з/п	Горюча речовина	Аерозоль, г/м ³	Аерозоль + CO ₂ , %	
1	Етанол	10	6	2
2	Бутанол	14	7	2
3	Пропанол	14	7	2
4	Ізоаміловий спирт	16	10	3

Як бачимо, об'ємні вогнегасні концентрації є досить незначні і вже за концентрації аерозолу в 10 г/м³ є вогнегасними для етанолу. Для пропанолу і інших спиртів зазначені концентрації є дещо вищими та становлять 14-18 г/м³ в умовах випробувальної установки.

Зрозуміло, що при подаванні аерозолу, CO₂ або їх бінарної суміші підшарово, інтенсивність подачі аерозолу доречно вимірювати в г/с. Визначення вогнегасної інтенсивності подачі бінарної газоаерозольної суміші проводили відповідно до зазначеної методики. Вогнегасні значення інтенсивності підшарової подачі аерозолу та його бінарної суміші з CO₂ показано в табл.2.

Таблиця 2

Об'ємні вогнегасні інтенсивності подачі бінарних газоаерозольних сумішей при гасіння спиртів

№ з/п	Горюча рідина	Аерозоль		Аерозоль + CO ₂	
		Підшарова подача, г/с	Підшарова подача		
			аерозоль г/м ³	газ %	
1	Етанол	7	4	2	
2	Бутанол	7	4	2	
3	Пропанол	8	5	2	
4	Ізоаміловий спирт	8	6	2	

Як видно, вогнегасний аерозоль при підшаровій подачі ефективно забезпечує гасіння

дифузійного полум'я спиртів. При цьому вогнегасні концентрації аерозолу є нижчими, ніж для вуглеводневих палив [5]. Так наприклад, об'ємна вогнегасна концентрація аерозолу для н-гептану становить 18 г/м³, а для етанолу – 10 г/м³. З результатів експерименту випливає, що повний час гасіння спирту становив в середньому 26 с.

Виходячи з отриманих результатів, підшарове аерозольне гасіння спирту можемо поділити на 2 етапи. На 1 етапі відбувається барботування газоаерозольної суміші через шар спирту, її вихід назовні та заповнення нею простору над дзеркалом рідини.

На 2 етапі відбувається проникнення аерозолу в зону пари та газів, де відбувається його змішування з горючою сумішшю, що забезпечує попередню флегматизацію горючої суміші, яка має надійти в зону горіння. Таким чином, це забезпечує ефективне придушення горіння ще на етапі надходження горючої суміші в зону горіння. Добавки CO₂, як відомо з [6] значно підвищують вогнегасну та флегматизувальну ефективність бінарних сумішей аерозолу та CO₂. Залежність вогнегасної ефективності аерозолу від концентрації CO₂ при підшаровому гасінні етанолу показано на графіку (рис. 2).

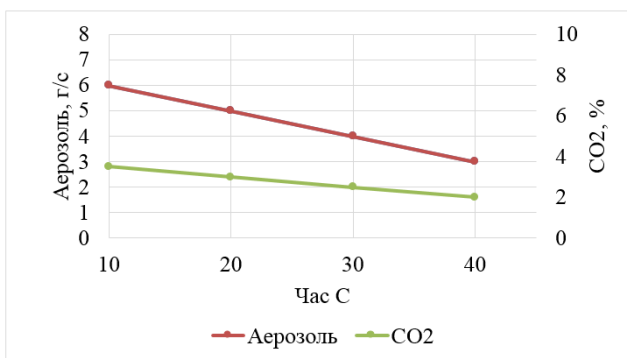


Рисунок 2 – Залежність мінімальної вогнегасної концентрації аерозолу від концентрації CO₂ при гасінні етанолу

Як видно з графіка, навіть незначні добавки CO₂ значно підвищують вогнегасну ефективність бінарної газоаерозольної суміші при підшаровому гасінні. Про це свідчить зменшення індивідуальних концентрацій аерозолу та CO₂ (табл.1, 2) які входять в склад вогнегасної бінарної газоаерозольної суміші, що також наведено в роботах авторів [6, 7].

Збільшення в бінарній газоаерозольній суміші відсотку CO₂ призвело до зміни деяких параметрів в процесі гасіння спирту. Суть гасіння самим аерозолем та його бінарною сумішшю з CO₂ при цьому полягає у тому, що час виходу бінарної суміші зменшився, пухирці газоаерозолу стали візуально більшими і зменшився час гасіння порівняно з часом гасіння лише аерозолем.

Обговорення результатів досліджень. Виходячи з результатів експериментів можна зазначити,

що газоаерозольні суміші з вмістом CO_2 є на сьогодні одними з найефективніших вогнегасних агентів для підшарового гасіння, а їхні вогнепригнічувальні якості відповідають умовам сучасного протипожежного захисту від пожеж та вибухів горючих газопароповітряних систем в резервуарах. Це також підтверджують автори робіт [7, 8, 9], в яких відзначено також високу ефективність таких газоаерозольних бінарних сумішей вогнегасного аерозолу.

Щодо питання вогнегасних факторів підшарового гасіння бінарними сумішами, то в результаті проведених експериментів встановлено, що найбільш вагомими вогнегасними факторами підшарового гасіння бінарних сумішей вогнегасного аерозолу та газів-флегматизаторів є охолодження верхнього шару рідини та бортів резервуара газоаерозольним струменем, інгібування реакції горіння ультрадисперсними частинками аерозолу та флегматизування газовими компонентами. Загальна дія зазначених факторів носить синергічний характер між аерозольними та газовими компонентами, що забезпечує значне підвищення кінцевої вогнегасної ефективності бінарної газоаерозольної суміші.

Таким чином, результати проведених досліджень показали, що застосування газових розріджувачів разом з аерозолем для підшарового гасіння є доцільним та ефективним, оскільки це дає змогу значно підвищити ефективність, швидкість та надійність підшарового гасіння. Крім цього, зазначені системи забезпечують ефективне флегматизування спиртоповітряних сумішей, які можуть утворюватися в порожніх та напівпорожніх резервуарах та приміщеннях, де вони встановлені, що повністю збігається з результатами робіт [10,11].

Встановлено, що мінімальна вогнегасна інтенсивність подачі аерозолу, утвореного з АУС на основі сахарози – 33% та KNO_3 – 67%, становить близько 10 г/с в умовах установки. Експериментально встановлені вогнегасні інтенсивності подачі газоаерозольних бінарних сумішей з CO_2 . Виявлено, що добавка CO_2 до аерозолу зменшує час виходу на поверхню пухирців газоаерозолу та гасіння, а також, що розміри бульбашок при добавлянні CO_2 є більшими, ніж у випадку застосування самого CO_2 .

Висновки. Результати проведених досліджень засвідчили, що бінарні газоаерозольні суміші на основі CO_2 є універсальними засобами пожежогасіння які володіють високою вогнегасною ефективністю при підшаровому гасінні спиртів та при цьому забезпечують одночасно об'ємне гасіння так і флегматизування горючої пароповітряної суміші над поверхнею рідини.

Список літератури

1. DSTU 4221:2003 Спирт етиловий ректифікований. Технічні умови.

2. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения : справочник в 2-х ч. 2-е изд., Москва : Асс. Пожнаука, 2004. Ч.1. 713 с.

3. DSTU 4041–2001. Піноутворювачі спеціального призначення, що використовуються для гасіння пожеж водонерозчинних і водорозчинних горючих рідин. Загальні технічні вимоги і методи випробувань. [Чинний від 01.10.2001]. Вид. офіц. Київ, 2001. 94 с.

4. Пожарная автоматика / Бубирь Н. Ф., Бабуров В. П., Мангасаров В. И. – М. : Стройиздат, 1984. – 208 с.

5. Balanyuk, V. M. Study of fire-extinguishing efficiency of environmentally friendly binary aerosol-nitrogen mixtures [Text] / V. M. Balanyuk, N. M. Kozyar, O. I. Garasymuyk // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 3, Issue 10 (81). – P. 4–11. doi: 10.15587/1729-4061.2016.72399

6. Balanyuk V. M., Kovalyshyn V.V., Kozyar N.M. Effect of ecologically safe gas-aerosol mixtures on the velocity of explosive combustion of n-heptane. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Technical science. Kharkiv, 2017 No4/10 (88). P. 12-18.

7. Joseph A. Senecal. Flame extinguishing in the cup-burner by inert gases. Fire Safety Journal 40 (2005) P 579–591. doi:10.1016/j.firesaf.2005.05.008.

8. V. Balanyuk., V. Kovalyshyn., N. Kozyar. Effect of ecologically safe gas-aerosol mixtures on the velocity of explosive combustion of n-heptane. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 4/10 (88) 2017 P. 12-18.

9. В.М. Баланюк, Н.М. Козяр, О.І. Гарасимюк, А.Т. Лозинський. Вплив добавок CO_2 на вогнегасну ефективність бінарної аерозольно-газової суміші. Пожежна безпека №28, 2016. С 6-12.

10.R. Craig Schroll. Industrial fire protection handbook. Handbook. 2 edit. Boca Raton: CRC Press, 2002. 252 p.

11.Arthur E. Cote Operation of fire protection systems. Special edition of the Fire Protection Handbook. Quincy. National Fire Protection Association, 2003. 679 p.

References

1. DSTU 4221:2003 Spirt etiloviy rektifikovaniy. Tehnichni umovi.

2. Korolchenko A. Ya., Korolchenko D. A. Pozharovzryvobezopasnost veschestv i materialov i sredstva ih tusheniya : spravochnik v 2-h ch. 2-e izd., Moskva : Ass. Pozhnauka, 2004. Ch.1. 713 s.

3. DSTU 4041–2001. PInoutvoryuvachi spetsialnogo pryznachennya, scho vikoristovuyutsya dlya gaslnnya pozhezh vodonerozchinnih I vodorozchinnih goryuchih ridin. Zagalni tehnlchnl vimogi I metodi viprobuvan.[Chinniy vld 01.10.2001]. Vid. offts. KiYiv, 2001. 94 s.

4. Pozharnaya avtomatika / Bubir N. F., Baburov V. P., Mangasarov V. I. – M. : Stroyizdat, 1984. – 208 s.
5. Balanyuk, V. M. Study of fire-extinguishing efficiency of environmentally friendly binary aerosol-nitrogen mixtures [Text] / V. M. Balanyuk, N. M. Kozyar, O. I. Garasymuyk // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 3, Issue 10 (81). – P. 4–11. doi: 10.15587/1729-4061.2016.72399
6. Balanyuk V. M., Kovalyshyn V.V., Kozyar N.M. Effect of ecologically safe gas-aerosol mixtures on the velocity of explosive combustion of n-heptane. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Technical science. Kharkiv, 2017 No4/10 (88). P. 12-18.
7. Joseph A. Senecal. Flame extinguishing in the cup-burner by inert gases. Fire Safety Journal 40 (2005) P 579–591. doi:10.1016/j.firesaf.2005.05.008.
8. V. Balanyuk., V. Kovalyshyn., N. Kozyar. Effect of ecologically safe gas-aerosol mixtures on the velocity of explosive combustion of n-heptane. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 4/10 (88) 2017 P. 12-18.
9. V.M. Balanyuk, N.M. Kozyar, O.I. Garasymuyk, A.T. Lozinskiy. Vpliv dobavok CO₂ na vognegasnu efektivnist binarnoyi aerazolno-gazovoyi sumishi. Pozhezhna bezpeka №28, 2016 s 6.-12.
- 10.R. Craig Schroll. Industrial fire protection handbook. Handbook. 2 edit. Boca Raton: CRC Press, 2002. 252 p.
- 11.Arthur E. Cote Operation of fire protection systems. Special edition of the Fire Protection Handbook. Quincy. National Fire Protection Association, 2003. 679 p.

***Науково-методична стаття**