

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 614.841

DOI: 10.15587/2313-8416.2017.116177

ЗАПОБІГАННЯ ЗАЙМАННЯ ГАЗОВИХ СУМІШЕЙ Н-ГЕПТАНУ КОМБІНОВАНИМИ СИСТЕМАМИ УДАРНИХ ХВИЛЬ ТА ОБ'ЄМНИХ ВОГНЕГАСНИХ РЕЧОВИН

© В. М. Баланюк, В. В. Ковалишин, Н. М. Козяр

Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено можливість використання ударних хвиль та об'ємних вогнегасних речовин для попередження займання газових горючих середовищ. Встановлено, що запропонована комбінована система, забезпечує ефективне попередження займання – флегматизування газової н-гептаноповітряної суміші при одночасному зниженні концентрації аерозолі та газів CO_2 або N_2 до 4 разів порівняно з їх індивідуальними значеннями

Ключові слова: *гази флегматизатори, інгібітори горіння, аерозольне пожежогасіння, ударні хвилі, вогнегасний аерозоль*

1. Вступ

Ефективність попередження пожеж та займань є актуальним з погляду на тенденцію постійного зростання пожежного навантаження та розширення спектру горючих речовин, які є вибухопожежонебезпечними, особливо їх газоповітряні суміші, які можуть займатись та вибухати безпосередньо в момент утворення. До сучасних засобів попередження пожежі та вибухів в даний час відносять газові, порошкові та подеколи хладонові системи пожежогасіння та флегматизації. Незважаючи на їх переваги при гасінні та флегматизуванні пожежовибухонебезпечних середовищ, швидкість заповнення а відповідно їх вогнегасної або флегматизувальної дії подеколи є недостатньою для запобігання займання газових горючих середовищ. Зменшити час флегматизування або гасіння до секунд, а також значно збільшити їх ефективність дозволить використання ударних хвиль.

2. Літературний огляд

Відомо, [1] що вибухи та займання горючих газових сумішей завжди приводили до значних руйнувань та збитків. Попередити пожежу, або вибух означає створити негорюче середовище, принаймні на час, який дорівнює часу дії джерела запалювання. На даний момент майже усі технології передбачають заповнення захищеного об'єму вогнегасною речовиною до флегматизувальної концентрації, яка вища за вогнегасну в середньому в 1.4. рази. Реалізація такої технології вимагає значних матеріальних ресурсів та трудовитрат по проектуванню та встановленню таких систем, а також значних кількостей вогнегасного засобу. В сучасних автоматичних системах пожежогасіння, широко використовують гази CO_2 , N_2 , їх суміші, вогнегасні порошки, хладоны та їх суміші з газами які мають високу вартість,

потребують резервуарів для зберігання та не завжди забезпечують відповідну ефективність спрацювання [2, 3]. Останнім часом з'явилися дослідження з визначення флегматизувальної ефективності аерозолів та їх бінарних сумішей з газами флегматизаторами [4, 5], які володіють високою вогнегасною ефективністю за рахунок синергізму між фізичними флегматизаторами та хімічними інгібіторами [6]. Враховуючи результати з досліджень [7] вогнегасної ефективності комбінованих систем на основі об'ємних вогнегасних речовин та ударних хвиль (УХ) виникла ідея дослідити флегматизувальну ефективність таких систем.

Об'ємний спосіб гасіння пожеж забезпечує не тільки швидке припинення процесу горіння в будь-якій точці об'єму, що захищається, але і при збільшенні концентрації всього горючого газового середовища в ньому. В дослідженні [8] запропоновано підвищення рівня протипожежного захисту технологічних процесів шляхом флегматизування горючих середовищ азотом, отриманим з повітря методом його розділення мембранними установками, але такий спосіб отримання азоту є дорогим і має обмежене застосування. В науковій праці [9] запропоновано для флегматизування горючих середовищ, які можуть виникнути на компресорних станціях з газотурбінними приводами використовували газові вогнегасні речовини – флегматизатори. Також автор вказує, що застосування газів флегматизаторів підвищує температуру самозаймання що робить процес безпечнішим. Автор [10] пропонує створювати інертне середовище в приміщеннях кораблів видаленням із них частини газового середовища, що містить кисень, енергетичними установками включеними в режим забору повітря. Таким чином зазначені основні вищезазначені способи застосування сучасних об'ємних флегматизаторів не забезпе-

чують швидкої вогнегасної дії на відміну від ударних хвиль, які діють на пожежу до 1 секунди.

Відомо [7], що основними вогнегасними факторами комбінованої системи на основі УХ та об'ємної вогнегасної речовини є інгібування, охолодження, флегматизування, відрив полум'я, миттєве зниження температури в фронті полум'я та зміна концентрацій реагуючих компонентів та інш. Згідно результатів досліджень [7] сумарно зазначені фактори впливу, приведуть до значного підвищення вогнегасної ефективності, яка проявляється у зниженні вогнегасних концентрацій об'ємної вогнегасної речовини (CO_2 , N_2) в 2–4 рази. Для бінарних сумішей аерозолі та газів флегматизаторів, значення вогнегасних концентрацій їх компонентів становлять менше на 15–25 % від систем на основі лише аерозолі чи газу з серією ударних хвиль.

Крім цього, запропонований спосіб комбінованого використання газоаерозольних сумішей та ударних хвиль для флегматизування газових горючих систем в замкнених об'ємах дозволить збільшити ефективність та швидкість дії вогнегасних компонентів по попередженню горінню газових горючих систем за рахунок синергізму між зазначеними компонентами. Таким чином поєднання вказаних вогнегасних факторів дозволяє отримати універсальний вогнегасний засіб для запобігання (флегматизування) та гасіння газових горючих середовищ.

3. Мета та задачі дослідження

Мета дослідження – встановити можливість запобігання займання газових сумішей н-гептану

комбінованими системами ударних хвиль та об'ємних вогнегасних речовин.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

1. Удосконалити методику визначення флегматизувальної здатності комбінованих системи на основі ударних хвиль та об'ємних вогнегасних речовин.

2. Експериментально визначити ефективність комбінованих систем ударних хвиль та об'ємних вогнегасних речовини та встановити параметри флегматизувальних концентрацій та співвідношень компонентів систем.

4. Матеріали та методи визначення флегматизувальної здатності комбінованої системи на основі ударних хвиль та вогнегасної речовини для об'ємного пожежогасіння

Для визначення флегматизувальної ефективності ударних хвиль та комбінованих бінарних газоаерозольних систем було використано методику та експериментальну камеру (рис. 1) описану в роботі [7] із змінами, – доданим пальником та електричним джерелом запалювання. Подачу відповідної частоти струму на електричні запальники піротехнічних зарядів проводили за допомогою електронної схеми на основі плати та контролера Arduino, дисплея, змінного резистора зміни часу затримки, кнопки і модуля реле. Подачу імпульсу струму на запальник здійснювали паралельно запалюванню піротехнічного заряду для утворення УХ.

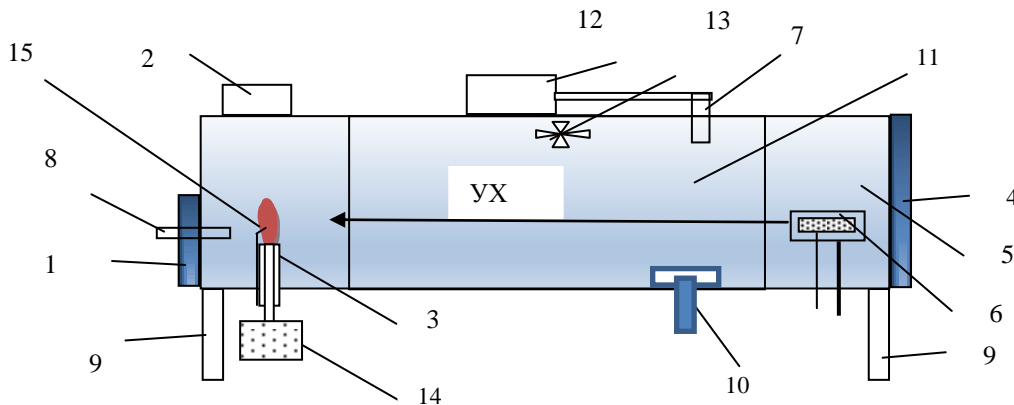


Рис. 1. Експериментальна установка для визначення ефективності флегматизування горючих середовищ комбінованою системою на основі ударних хвиль, та об'ємної вогнегасної газової речовини та вогнегасного аерозолі: 1 – люк; 2 – вентиляційний отвір з вентилятором і засувкою; 3 – палильник; 4 – люк; 5 – генератор ударних хвиль; 6 – кріплення генератора ударних хвиль; 7 – патрубок для газу; 8 – датчик тиску ВМР-180; 9 – стойки; 10 – електрозапальник АУС; 11 – Оглядове вікно; 12 – газовий лічильник; 13 – вентилятор; 14 – ємність з підігрівом для н-гептану; 15 – електричний іскровий запальник

Запалювання заряду здійснювали джерелом струму напругою близько 20 В, яку отримували на виході з реле частотою в 10Гц. Стехіометричну н-гептаноповітряну суміш подавали через відповідний палильник біля зрізу котрого було закріплено електричне джерело запалювання у вигляді іскрового розрядника.

Експеримент проводили наступним чином. У камеру подавали бінарну газоаерозольну суміш до досягнення необхідної концентрації. Потім починали пропускати через зазначену суміш серію УХ, одноча-

сно включали подачу СГПС на палильник та на 2 УХ починали пропускати іскрові розряди над зрізом палильника через який здійснювалась подача СГПС і фіксували результат – «горіння», «спалахи без подальшого горіння», «відмова».

Для встановлення залежності флегматизувальної концентрації компонентів бінарної суміші від потужності та частоти УХ для СГПС використовували такі матеріали та пристрої. Аерозолеутворювальна суміш (АУС), що складається з ідітолу ($\text{C}_{13}\text{H}_{12}\text{O}_2$) та нітрату

калію (KNO₃). АУС готують перемішуванням відповідної кількості компонентів заряду. Азот – N₂ та CO₂ хімічно чисті на 99,96 %, н-гептан технічний. Ударні хвилі формували генераторами ударних хвиль завдяки вибухам відповідних зарядів піротехнічних зарядів.

5. Результати досліджень впливу частоти та потужності УХ на флегматизувальну концентрацію компонентів бінарної суміші

Проведені досліди показали, що флегматизація СГПС досягається при дії УХ з частотою 10 Гц та з тиском окремої УХ в серії в 580 Па. Але навіть при цьому тиску УХ подеколи спостерігались одинарні спалахи СГПС без встановлення стійкого горіння.

Далі визначили флегматизувальну ефективність комбінованої вогнегасної системи аерозолі отриманого з АУС на основі ідітола та потрійних серій УХ з частотою 10 Гц та потужністю 300 Па на СГПС при дії на неї електричного запальника. При цьому було встановлено, що вплив ударних хвиль з заданими параметрами приводить до зменшення флегматизувальної концентрації вогнегасного аерозолі з 66 г/м³ до 38 г/м³. За цією ж методикою було проведено визначення флегматизувальної ефективності га-

зів CO₂ та N₂ та встановлено, що під дією серій УХ, флегматизувальна концентрація CO₂ знижується від 33 % до 22,8 %, а N₂ від 43% до 32,6 % при дії УХ з цими ж параметрами. Таким чином, флегматизувальні концентрації аерозолі та газів в 2–3,8 рази менші залежно від тиску УХ від їх індивідуальних значень..

При визначенні флегматизувальної ефективності тернарних вогнегасних систем за основу були взяті флегматизувальні концентраційні співвідношення бінарних газоаерозольних систем отримані в роботі [11]. Так для аерозолі та його сумішей з газами CO₂ та N₂ концентраційні співвідношення були наступні; для CO₂ -9 % , аерозолі – 16 г/м³, та азоту – 10% і аерозолі – 20 г/м³.

При дії на бінарну газоаерозольну систему ударних хвиль з тими ж параметрами теж відбувається значне зменшення їх концентрацій. При цьому концентрація аерозолі в бінарній суміші зменшується до 8,6 г/м³ та CO₂ до 7,8% а для азотоаерозольної суміші концентрація аерозолі зменшується до 9,7 г/м³ а азоту до 12,5 %.

Узагальненні значення результатів флегматизувальної ефективності комбінованих систем на основі серій ударних хвиль показані в табл. 1.

Таблиця 1

Флегматизувальні характеристики комбінованих систем на основі ударних хвиль

№	Тиск Па	Аерозоль г/м ³	CO ₂ %	N ₂ %
1	0	66	–	–
2	0	–	33,5	–
3	0	–	–	43
4	0	9	15	–
5	0	10	20	–
6	300	36	–	–
7	300	–	22	–
8	300	–	–	30
9	300	8,6	7,8	–
10	300	14,2	–	11,5

6. Обговорення результатів експерименту

Як видно з таблиці 1, при впливі потрійних серій УХ з тиском окремої хвилі в 300 Па і частотою в 10 Гц, флегматизувальна концентрація для СГПС вогнегасного аерозолі, газів CO₂, N₂ та їх бінарних сумішей значно знижується. Таке значне зниження концентрацій відбувається за рахунок синергічної взаємодії між компонентами сумішей, що описано в дослідженнях [7]. При цьому для бінарної суміші на основі азоту вогнегасні концентрації падають менше. Концентрація аерозолі знижується від 66 г/м³ до 14,2 г/м³ та для N₂ від 43 % до 11,5 % при тиску у фронті потрійної УХ близько 300 Па. Концентрації бінарних систем CO₂ та аерозолі є ще менші, та становлять для аерозолі – 8,6 г/м³ та для CO₂ – 7,8 %. Як видно, при цьому спостерігається характерні для гасіння комбінованими системами на основі серій УХ [7] співвідношення. Але при гасінні відбувається зменшення вогнегасної концентрації і при більш низьких значеннях тисків УХ (до 300 Па). Таким чином виходячи з зазначених результатів зменшення концентрацій об'ємних вогнегасних речовин та тиску УХ відбувається за рахунок тих же факторів впливу що і при гасінні серіями УХ та збігаються з висновками дослідження [7].

Отже, при застосуванні комбінованих тернарних систем – вогнегасний аерозоль + газ + дія серій УХ, у всіх випадках спостерігалось значне зменшення флегматизувальних концентрацій аерозолі і газів при впливі УХ з частотою 10 Гц і тиском 300 Па.

7. Висновки

1. Удосконалено методику визначення флегматизувальної здатності комбінованих системи на основі ударних хвиль та вогнегасної об'ємної речовини, яка полягає у додатковому використанні палика та електричного джерела запалювання для стехіометричної н-гептаноповітряної суміші.

2. Експериментально визначено, що комбінована система ударних хвиль та об'ємної вогнегасної речовини (вогнегасного аерозолі, газів флегматизаторів, їх бінарних сумішей) забезпечує ефективну флегматизацію в обмеженому об'ємі, де може виникнути займання газових горючих систем.

При цьому флегматизувальна концентрація об'ємних вогнегасних речовин зменшується до від 2 до 5 разів при дії на них потрійних серій УХ з тиском 300 Па.

Література

1. Brushlinsky, N. World Fire Statistics [Text] / N. Brushlinsky, M. Ahrens, S. Sokolov // National committees CTIF of Russia, Germany, USA. – Center of Fire Statistics, 2016. – 64 p.
2. Баратов, А. Н. Пожаротушение на предприятиях химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности [Текст] / А. Н. Баратов, Б. Н. Иванов. – М.: Химия, 1971. – 414 с.
3. Шрайбер, Г. Огнетушащие средства. Химико-физические процессы при горении и тушении [Текст] / Г. Шрайбер, П. Порст. – М.: Стройиздат, 1975. – 240 с.
4. Balanyuk, V. M. Study of fire-extinguishing efficiency of environmentally friendly binary aerosol-nitrogen mixtures [Text] / V. M. Balanyuk, N. M. Kozyar, O. I. Garasymyuk // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 3, Issue 10 (81). – P. 4–11. doi: 10.15587/1729-4061.2016.72399
5. Баланюк, В. М. Застосування газо-аерозольно-порошкових вогнегасних сумішей для захисту від запалювальних сумішей [Текст] / В. М. Баланюк, Н. М. Козяр, О. І. Гарасим'юк // ScienceRise. – 2016. – Т. 5, № 2 (22). – С. 10–14. doi: 10.15587/2313-8416.2016.69333
6. Christian, S. D. Synergism in flame extinguishment: New results for mixtures of physical and chemical agents [Text]: conference / S. D. Christian, P. Kerr, E. E. Tucker, C. M. Sliepcevich, A. P. Hagen. – Halon Options Technical Working, 1997. – P. 88–105.
7. Balanyuk, V. M. The Increase of Fire Extinguishing Efficiency of Gas-Aerosol Binary Mixture Using Shock Waves [Text] / V. M. Balanyuk // ВіТР. – 2017. – Vol. 46, Issue 2. – P. 72–86. doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.5
8. Откідач, М. Я. Флегматизування газових горючих середовищ із застосуванням повітророздільних мембранних установок [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук. / М. Я. Откідач. – Х., 2001. – 20 с.
9. Деревинський, Д. М. Пожежна небезпека об'єктів з наявністю газового горючого середовища та нагрітих технологічних поверхонь у замкнутому просторі [Текст]: сб. науч. тр. / Д. М. Деревинський // Проблемы пожарной безопасности. – 2010. – № 27. – С. 59–65.
10. Глазкова, А. П. Газогенерирующие заряды исполнительных устройств систем локального пожаротушения [Текст]: тез. III Всесоюз. конф. / А. П. Глазкова, В. Н. Кожин, Г. А. Цопа, В. Е. Александров // Проблемы охраны труда. – Кишинев: Штиинца, 1978.
11. Balanyuk, V. M. Phlegmatisation of flammable gas mixtures by aerosol sprays [Text] / V. M. Balanyuk, D. A. Zhurbinskiy // ВіТР. – 2013. – Vol. 32, Issue 4. – P. 53–58. doi: 10.12845/bitp.32.4.2013.6

Дата надходження рукопису 19.09.2017

Баланюк Володимир Мірчович, кандидат технічних наук, доцент, полковник служби цивільного захисту, Відділ ад'юнктури та докторантури, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, вул. Клепарівська, 35, м. Львів, Україна, 79007
E-mail: bagr33@ukr.net

Ковалишин Василь Васильович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри, кафедра пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, вул. Клепарівська, 35, м. Львів, Україна, 79007
E-mail: kovalyshyn.v@gmail.com

Козяр Назарій Михайлович, кандидат технічних наук, заступник начальника, полковник служби цивільного захисту, Головне управління ДСНС України у м. Києві, вул. Володимирська, 13, м. Київ, Україна, 01601
E-mail: Kozyar777@ukr.net