

СПОСОБИ ТА УМОВИ ГАСІННЯ ТА ФЛЕГМАТИЗУВАННЯ ГОРЮЧИХ СЕРЕДОВИЩ ГАЗОВИМИ ВОГНЕГАСНИМИ РЕЧОВИНАМИ

Вроботі розглянуто способи та умови флегматизування газовими вогнегасними речовинами. Обґрунтовано умови застосування автоматичних установок газового пожежогасіння, в яких застосовується діоксид вуглецю та інші інертні розріджувачі (аргон, азот, водяна пара), а також інгібітори горіння, у т.ч. хладони, комбіновані склади на основі хладонів. Розглянуто можливість комбінованого застосування автоматичних засобів газового пожежогасіння з одночасною та послідовною подачею вогнегасної газової речовини. Встановлено що в на даний час існує проблема ефективних газових речовин так як, застосування окремо хладонів для гасіння недопустиме через їх обмежене застосування внаслідок озоноруйнівну дію та високу вартість. Застосування ж газів флегматизаторів можливе але не ефективно через низьку вогнегасну ефективність та знову ж таки високу вартість.

Ключові слова: флегматизатор, автоматична система гасіння, вуглекислий газ, азот.

В.М. Баланюк

СПОСОБИ И УСЛОВИЯ ТУШЕНИЯ И ФЛЕГМАТИЗИРОВАНИЯ ГОРЮЧЕЙ СРЕДЫ ГАЗОВЫМИ ОГNETУШАЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

В работе рассмотрены способы и условия флегматизирования газовыми огнетушащими веществами. Обосновано условия применения автоматических установок газового пожаротушения, в которых применяется диоксид углерода и другие инертные разбавители (аргон, азот, водяной пар), а также ингибиторы горения, в т.ч. хладоны, комбинированные составы на основе хладонов. Рассмотрена возможность комбинированного применения автоматических средств газового пожаротушения с одновременной и последовательной подачей огнетушащего газового вещества. Установлено, что в настоящее время существует проблема эффективных газовых веществ так как применение отдельно хладонов для тушения недопустимо из-за их озоноразрушающего действия и высокой стоимости. Применение же газов флегматизаторов возможно но не эффективно из-за низкой огнетушащей эффективности и опять же высокой стоимости.

Ключевые слова: флегматизатор, автоматическая система тушения, углекислый газ, азот.

V.M. Balanyuk

WAYS AND CONDITIONS OF EXTINGUISHING AND PHLEGMATIZING OF COMBUSTIBLE ENVIRONMENT BY EXTINGUISHING GAS

This paper deals with ways and conditions of extinguishing and phlegmatizing of combustible environment by extinguishing gas. The conditions of application of automatic gas fire installations, which use carbon dioxide and other inert diluents (argon, nitrogen, water vapor) and flame retardants have been discussed. The possibility of combined use of automated means of fire extinguishment with gas with simultaneous and consistent supply of extinguishing gas substances has been studied. It was established that currently there is a problem of efficient gas substances as, the use of separate refrigerant extinguishing unacceptable because of their limited use due to ozone-depleting effects and high cost. The use of gas phlegmatizer has been proved possible but not effective due to low extinguishing efficiency and high costs.

Key words: Phlegmatizer, automatic extinguishing system, carbon dioxide, nitrogen.

Вступ. Постійна увага дослідників, інженерно-технічних працівників контролюючих організацій до вибухобезпечності хімічних виробництв, на жаль, не виключає вибухів та пожеж на таких об'єктах. Одна з причин – брак знань у розробників технологій і апаратури з питань гасіння горіння, а у фахівців з горіння – відсутність розуміння специфіки виникнення та розвитку пожеж на таких об'єктах.

Особливо високою пожежною небезпекою характеризуються хімічні виробництва, та сховища хімічних та горючих речовин. Насьогодні, найбільш перспективним шляхом запобігання пожежам і вибухам на таких об'єктах залишається використання інертних розріджувачів для флегматизування вибухонебезпечних сумішей. Багато вчених досліджували можливість підвищення пожежобезпечності полімерних матеріалів у зафлегматизованій атмосфері, наприклад, у закритих відсіках транспортних засобів. Джерелами інертного розріджувача можуть бути газогенерувальні елементи, що генерують негорючий газ, який складається в основному з азоту.

Постановка проблеми: Спосіб флегматизування характеризується порівняно легкою автоматизацією приведення в дію відповідних установок, що зазвичай є системою балонів, споряджених флегматизатором, обладнаних запірною арматурою і трубопровідною розподільною мережею (аналогічно системам газового пожежогасіння). Під час створення систем флегматизування та об'ємного пожежогасіння інертними розріджувачами звичайно виникають дві проблеми: обмеженість можливостей застосування способу розмірами захищуваних приміщень, і необхідність враховувати можливість ураження людей внаслідок недостатньої концентрації кисню в газовому середовищі. Виходячи з цього актуальною проблемою є визначення переваг та недоліків використання вогнегасних газових речовин в різних умовах гасіння та флегматизування.

Мета роботи. На основі аналізу переваг та недоліків застосування газових вогнегасних речовин визначити умови ефективного застосування даних вогнегасних речовин.

Виклад основного матеріалу.

Зрозуміло що, приміщення значних об'ємів складно безперервно подавати необхідну кількість газу упродовж нормованого часу. Для цього, потрібна настільки велика кількість балонів з флегматизатором, що їх вартість, витрати на зберігання, обслуговування та інші витрати можуть перевищити вартість самого захищуваного об'єкта. З іншого боку, необхідно враховувати граничне розведення повітря нейтральним газом, за якого можливе безпечне перебування людей, що відповідає зниженню вмісту кисню до 14 - 16% (об.), а летальна концентрація діоксиду вуглецю становить близько 10% (об.). Тому вогнегасні концентрації азоту діоксиду вуглецю, які близькі до 40% (об.) і 30% (об.) відповідно, перевищують безпечні значення.

Слід зазначити, що у випадку подавання інертного розріджувача у щільно закрите приміщення повітряне середовище може залишатися придатним для дихання і збереження життя людей аж до гасіння пожежі. Це пояснюється різницею механізмів процесу дихання людини і процесу горіння. У першому випадку критичний вміст кисню визначається його парціальним тиском, а в другому – об'ємною концентрацією. Під час введення розріджувача у герметичне приміщення усередині нього підвищується тиск, при цьому парціальний тиск кисню залишається незмінним, а об'ємна концентрація знижується. У такому приміщенні і горіння може припинитися і в результаті самогасання, але при цьому відбувається поглинання кисню. Тому з введенням інертного розріджувача у замкнене приміщення під час пожежі підвищується ймовірність збереження життя людей, які в ньому перебувають. У таблиці 1 наведено результати дослідження складу газового середовища з камері об'ємом 270 дм³ після припинення горіння ряду твердих матеріалів у результаті самогасання і в результаті подачі азоту [1]. Проби на аналіз відбирали після припинення видимого горіння, а також після припинення тління: (через 8-10 хв). Тривалість вільного горіння становила, як правило, близько 30 с. Припинення полуменевого горіння в разі наддування азотом досягали менш ніж за 1 хвилину.

Таблиця 1

Стан середовища, утвореного в герметичному об'ємі в результаті гасіння різних горючих матеріалів азотом і у випадку самозагасання [1]

Параметр	Гасіння азотом						Самозагасання		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Проміжок часу після запалювання, с	60	60	90	100	130	150	500	500	400
Загальний тиск, кПа	140	150	135	140	150	135	100	100	100
Парціальний тиск O ₂ , кПа	20	20	20	20	20	20	14	14	16
Вміст O ₂ , % (об.)	16,5	14,0	15,0	16,0	14,0	14,0	14,0	14,0	16,0
Вміст CO ₂ , % (об.)	0,6	2,0	0,3	0,7	2,2	0,3	5,0	7,0	3,0
Вміст CO, % (об.) • 10 ⁶	300	300	50	800	400	50	2500	2000	1000
Вміст органічних речовин, % (об.) • 10 ⁶	<25	<25	<25	<25	<25	<25	50	50	50

Примітка. Горючі матеріали: 1 – картон; 2 – бавовна; 3 – бавовна-поліефір.

З таблиці 1 видно, що у випадку наддування азотом утворюється значно менш токсичне середовище, ніж у випадку самозагасання. Вміст CO і CO₂ не перевищує безпечних меж для короткочасного перебування людей у такому середовищі (протягом 1 год). Парціальний тиск кисню залишається постійним і достатнім для дихання. Для протипожежного захисту приміщень та технологічних процесів застосовуються автоматичні установки газового пожежогасіння призначені для утворення в приміщенні газового середовища, яке не підтримує горіння [21].

Установки газового пожежогасіння поділяються на такі типи:

- установки об'ємного пожежогасіння;
- установки для гасіння пожежі у локальному об'ємі;
- установки для гасіння поверхні об'єкта, що підлягає захисту.

Для спорядження автоматичних установок газового пожежогасіння, як вже відзначалося, можуть застосовуватися діоксид вуглецю та інші інертні розріджувачі (аргон, азот, водяна пара), а також інгібітори горіння, у т.ч. хладони комбіновані склади на основі хладонів. Гасіння газовими вогнегасними речовинами може здійснюватися об'ємним локальним і комбінованим способами. Основною перевагою автоматичних засобів газового пожежогасіння є можливість швидкого і рівномірного заповнення ним об'єму будь-якої конфігурації. Гасіння газовими вогнегасними речовинами об'ємним способом застосовують у приміщеннях з обмеженою площею прорізів. Застосування установок газового пожежогасіння дає змогу швидко заповнити приміщення вогнегасною речовиною і створити в ньому необхідну концентрацію вогнегасної речовини, за якої припиняється горіння. Гасіння газовими вогнегасними речовинами локальним способом застосовують у тих випадках, коли можна досить точно визначити місце виникнення пожежі і її розміри, наприклад, пожежі горючих рідин у відсіках обмежених стінками окремо розташованих апаратів. Найбільше поширеними стали балонні установки газового гасіння з пневматичним, механічним, пневмомеханічним і електричним пуском [2], а також набувають поширення модульні установки [3]. Різновид газового пожежогасіння із застосуванням флегматизування горючого середовища за певних умов може бути як ефективнішим, так і економічнішим за традиційні способи пожежогасіння. Розглянемо цей випадок докладніше. Застосування флегматизування горючого середовища нейтральними газами описане в літературі з пожежної профілактики у технологічних процесах, де обертаються горючі гази і рідини [4], наприклад, шляхом введення нейтральних газів у газовий

простір апарата [5]. Зокрема, флегматизування середовища в апаратах застосовується як спосіб підготовки їх до проведення вогневих робіт. Перспективним також є застосування флегматизування в агропромисловому комплексі, особливо на об'єктах зберігання і переробки сільськогосподарської продукції. Якщо розглядати класичний трикутник горіння "горюча речовина – окисник – джерело запалювання", то в процесі флегматизування газового середовища у просторі, де зберігається рослинна сировина, здійснюється вплив на два його компоненти: знижується концентрація кисню і усувається джерело запалювання, оскільки при цьому припиняються екзотермічні мікробіологічні процеси, що за нормальних умов є причиною самозаймання біологічної сировини, але практично не відбувається горіння, коли концентрація кисню менша за 16 % (об). Потрапляння води в зону горіння рослинного горючого матеріалу може призвести до зростання концентрацій оксиду вуглецю і водню в продуктах згоряння. Тому проведено лабораторні і полігонні дослідження з гасіння рослинної сировини газоподібним діоксидом вуглецю, азотом і водою [6]. Відомо чимало випадків, коли гасіння дрібнодисперсних матеріалів органічного походження водою або парою закінчувалося вибухом. Причина цього – загоряння газоповітряної суміші, що утворюється у вільному просторі сховищ в результаті термодеструкції органічного матеріалу. У роботі [7] рекомендується гасити такі пожежі за допомогою спеціальної аерозольної установки, у якій як вогнегасний засіб використовується рідкий діоксид вуглецю. Ця установка ефективна для створення інертного середовища, але її необхідно вдосконалювати як з погляду розробки технічних засобів подавання вогнегасної речовини в осередок горіння, так і з погляду використання тактичних прийомів. Позитивного результату можна досягти застосуванням комбінованого способу, який включає ряд заходів, спрямованих на профілактику вибуху під час гасіння таких матеріалів водою і парою. До гасіння виконуються такі операції: герметизація сховища з матеріалом, який горить, з метою запобігання доступу кисню, флегматизування горючої газової суміші в даному силосі і сусідніх з інертними розріджувачами (азот, діоксид вуглецю) з метою зменшення вмісту кисню до значення нижче 5%, заповнення вільного простору з'єднаних між собою сховищ повітряно-механічною піною з підтриманням пінної подушки протягом усього часу гасіння. Ефективність гасіння забезпечується флегматизуванням газоповітряного середовища і одночасним охолодженням твердого горючого матеріалу.

Гасіння пожеж у силосних баштах шляхом флегматизування горючого середовища досліджується в роботі [8]. Автори дійшли висновку що у випадку використання азоту досягається зниження вмісту кисню в повітрі до 11%. Для зниження вмісту кисню у верхній частині башти до 11% об'єм азоту повинен становити 120 % відносно об'єму її верхньої частини. З огляду на запас, варто передбачити об'єм вогнегасної речовини (азоту) 200-300 % від об'єму верхньої частини башти. Концентрація кисню на рівні 11 % повинна зберігатися і під час вивантаження вмісту силосної башти. Балонна рампа з об'ємом азоту 120 м недостатня для флегматизування, але для локалізації пожежі на її початковій стадії застосування рампи з таким об'ємом азоту є виправданим. Флегматизування є також одним з найбільш ефективних і безпечних методів запобігання вибухам під час ліквідації підземних пожеж [9]. В інтенсивно провітрюваних виробках флегматизування досягається заміщенням повітря, яке надходить до осередку горіння, інертною газопароповітряною сумішшю, яку одержують спалюванням палива (гасу) у спеціальних установках – генераторах інертних газів (ГІГ). Воєнізовані гірничорятувальні частини з 1976 р. мають на оснащенні генератори ГІГ-4 продуктивністю 340 м³/хв парогазової суміші. З урахуванням високої ефективності генераторної техніки, а також зростання вмісту метану у сучасних шахтах, розроблено високопродуктивний (800-1500 м³/хв) генератор ГІГ-1500. Принцип флегматизування закладено у технології використання азоту для створення рециркуляції продуктів горіння в ізолюваному пожежному відсіку [10], коли шляхом подавання азоту знижується концентрація кисню.

Одними з найбільш пожежовибухонебезпечних горючих сумішей є воднево-повітряні суміші. У роботі [11] наведено результати експериментальних досліджень горіння локальних

воднево-повітряних газових сумішей у присутності інертних розріджувачів у реакційній посудині місткістю 20 м³. На підставі одержаних експериментальних даних зроблено висновок, що флегматизування локальних вибухонебезпечних сумішей може бути ефективним способом захисту лише протягом нетривалого часу і має розглядатися як складова частина більш складної системи захисту від пожеж і вибухів. Як зазначалось вище, відповідно до Копенгагенських поправок до Монреальського протоколу щодо речовин, які руйнують озоновий шар Землі, має бути припинено виробництво хладонів, і зокрема найбільш поширеного з установках газового пожежогасіння об'ємним способом хладону 13B1 (галон/ 1301) [12]. Тому в усьому світі проводяться інтенсивні дослідження з розроблення і впровадження в практику альтернативних озоноруйнівним хладонам вогнегасних речовин. Оскільки хладони 114B2 та 13B1 заборонені до використання в стаціонарних установках пожежогасіння, об'єкти, що захищаються з їх допомогою, необхідно переводити на альтернативні вогнегасні речовини, ще не чинять шкідливого впливу на озоновий шар земної атмосфери, досить ефективні як вогнегасні засоби і в той же час безпечні (чи помірно небезпечні) для людини. Здійснюючи вибір оптимального для конкретних умов вогнегасного засобу, насамперед варто виходити з вимог охорони навколишнього природного середовища, що важливіше за фінансові показники. Аналіз загальних принципів протипожежного захисту обладнання дає змогу знайти нові наукові і технічні рішення. Пожежі на технологічних установках здебільшого ліквідуються за допомогою автоматичних установок пожежогасіння. При цьому виключається участь оперативних пожежних підрозділів у ліквідації локалізованої пожежі або запобіганні повторному займанню. Для гасіння пожеж на технологічних установках в роботі [13] рекомендується застосовувати індивідуальні і комбіновані установки пожежогасіння. Індивідуальні установки пожежогасіння призначені для протипожежного захисту устаткування, - електродвигунів, маслоблоків, нагнітачів, що не має гарячих технологічних поверхонь, які можуть спричинити повторне займання. В індивідуальних установках рекомендовано використовувати газові та порошкові вогнегасні речовини.

Комбіновані установки пожежогасіння (КУП) призначені для протипожежного захисту устаткування, газотурбінних двигунів, мотокомпресорів, що мають технологічні поверхні, нагріті вище температури самозаймання турбінного масла. В КУП передбачено дві черги запровадження з дію вогнегасних речовин. У першу чергу забезпечується придушення вогню на початковій стадії розвитку пожежі, у другу-усунення можливості повторного займання, тобто рекомендується комбінація активного і пасивного методів запобігання повторному займанню. Під час застосування активного методу нагріті технологічні поверхні охолоджуються піною низької або середньої кратності. Пасивний метод припускає інертизацію (флегматизування) приміщення, яке підлягає захисту, протягом проміжку часу, достатнього для природного охолодження нагрітого устаткування. Було запропоновано найбільш ефективні на той час для придушення вогню речовини, а саме: вогнегасні порошки типу АВС ("Пірант А", згідно з ТУ 113-08-530-85; П-2АП, згідно з ТУ 6-08-497-81), або типу ВС (ПСБ-3, згідно з ТУ 6-18-139-78). У якості газових вогнегасних речовин, призначених для флегматизування і газового середовища, рекомендовано діоксид вуглецю (зварювальний), згідно з ГОСТ 8050-76; хладон 114 B2, згідно з ГОСТ 15899-79; хладон 13B1, згідно з ТУ 6-02-1104-82; вуглекислотно-хладоновий склад УХС. У переліку рекомендованих газових вогнегасних речовин наведено найбільш ефективні, але й найбільш озоноруйнівні речовини. У той же час у ньому відсутній азот, хоча він за ефективністю незначно поступається діоксиду вуглецю. Використовуючи сильні сторони кожної окремо взятої вогнегасної речовини, гасіння проводять послідовно застосовуючи одну, а потім другу. А.Н.Баратовим і співробітниками досліджено та запропоновано композиції, що складаються з діоксиду вуглецю та хладону 114B2. На той час суміші вогнегасних речовин не досліджувались, що є суттєвим недоліком цих рекомендацій. З того часу з'явилися нові ефективні вогнегасні речовини (вогнегасні порошки, хладон), на основі яких розроблено автоматичні установки пожежогасіння. Узагальнено досвід експлуатації автоматичних установок по-

жежогасіння на компресорних станціях, а також під час гасіння пожеж класів В і С за допомогою пінних, газових і порошкових засобів пожежогасіння. З часу впровадження цих рекомендацій минуло 15 років. За цей час у галузі пожежної безпеки отримано нові значні наукові результати. Створено низку вогнегасних порошків [14], серед яких слід відзначити синергічний порошок, який є сумішшю солей калію (КС1) і натрію (NaHCO_3) Розроблено аерозольгенерувальні твердопаливні склади [15], інтенсивно використовуються суміші газових і порошкових вогнегасних речовин. З'явилися нові технічні можливості одержання азоту за допомогою повітророздільних мембранних установок [16].

Висновок. На підставі вищесказаного робимо висновок, що застосування окремо хладонів для гасіння проблематичне через їх обмежене застосування внаслідок озоноруйнівної дії та високу вартість. Застосування ж газів флегматизаторів можливе але не ефективне через низьку вогнегасну ефективність та знову ж таки високу вартість. Таким чином актуальною є проблема нового способу або типу вогнегасної речовини для гасіння такого типу об'єктів.

Список літератури.

1. **Котов А.Г.** Пожаротушение и системы безопасности. – Киев, 2003. – С.67
2. **Касьянов Н.А.,** Михайлов Д.В. Экспериментальное исследование пожаров в помещениях // Вісник СНУ ім. В.Даля. Технічні науки, №12, 2004 – С. 99-104.
3. **Антонов А.В.** Проблема заміни озоноруйнівних хладонів на екологічнобезпечні альтернативні вогнегасні речовини // Пожежна безпека. –2003. – № 3. – С. 9-12.
4. **Агафонов В.В.** Копилов Н.П. Установки аерозольного пожаротушения. Элементы и характеристики проектирование монтаж и эксплуатация М. ВНИИПО 1999 С. 229.
5. **Бондаренко С. М.** «Розробка генераторів вогнегасячого аерозолю із покращеними характеристиками». Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Харків – 2004.
6. <http://www.ruskt.ru>. Газовое пожаротушение. Применение аргона.
7. Абдурагимов И.М. Говоров В.Ю. Макаров В.Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров. ВПТШ МВД СССР Москва 1980 с. 255.
8. **Баратов А.Н.** Применениеингибиторов для пожаротушения // Журнал ВХО им. Д.И. Менделеева. – 1985. – Т. 30. – №1. – С. 13.-20.
9. **Агафонов В.В.,** Оценка огнетушащей эффективности твердообразных аэрозолей индивидуальных химических соединений щелочных металлов // Материалы XIV Всероссийской науч. – практической конференции «Проблемы горения и тушения пожаровна рубеже веков». – М.: ВНИИПО МВД РФ, 1997. – Ч.2. С.300 – 302.
10. **История** создания ГИГов: Информация-новости // Горноспасатель [Электронный ресурс]. <http://gvgss.org/index.php?newsid=162>
11. **Баратов А.Н.,** Иванов Е.Н. Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности. 2-е изд., перераб. – М.: Химия, 1979. – 368 с.
12. **Антонов А.В.** Проблема заміни озоноруйнівних хладонів на екологічнобезпечні альтернативні вогнегасні речовини // Пожежна безпека. – 2003. – № 3. – С. 9-12.
13. **Баратов А.Н.,** Иванов Е.Н. Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности. 2-е изд., перераб. – М.: Химия, 1979. – 368 с.
14. **Вогнегасні** речовини. Посібник / Антонов А.В., Боровиков В.О., Орел В.П. та ін. – К.: Пожінформтехніка, 2004. – 176 с.
15. **Баланюк В.М.,** Щербина О.М., Грималюк Б.Т., Кіт Ю.В. Дослідження вогнегасної дії аерозолів одержаних спалюванням твердопаливних композицій різного складу // Пожежна безпека. – 2004. – № 4. – С. 56-58.
16. **Откідач М.Я.** Флегматизування газових горючих середовищ із застосуванням повітророздільних мембранних установок. Автореферат дисертації. – Харків 2001.