

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄМНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

За результатами досліджень механізмів вогнегасної дії об'ємних засобів пожежогасіння зроблено висновок, що для гасіння об'ємним способом найкраще використовувати засоби пожежогасіння, що діють одночасно і як інгібітори, і як флегматизатори. Одночасна дія за цими напрямками при об'ємному пожежогасінні призведе до значного зменшення вогнегасної концентрації. Встановлено, що принцип створення комбінованих вогнегасних засобів базується на взаємному підсиленні (синергізмі) ефективності окремих компонентів, поєднаних в суміші.

Ключові слова: інгібітори, вогнегасні порошки, пожежогасіння, флегматизатори.

Н.М. Козяр

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕМНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

По результатам исследований механизмов огнетушащего действия объемных средств пожаротушения, сделан вывод, что для тушения объемным способом лучше всего использовать средства пожаротушения, действующие одновременно и как ингибиторы, и как флегматизаторы. Одновременное действие по этим направлениям при объемном пожаротушении приведет к значительному уменьшению огнетушащей концентрации и ингибитора и флегматизатора. Установлено, что принцип создания комбинированных огнетушащих средств базируется на взаимном усилении (синергизме) отдельных компонентов, соединенных в смеси.

Ключевые слова: ингибиторы, огнетушащие порошки, пожаротушения, флегматизатор.

N.M. Kozyar

INCREASING THE VOLUMETRIC FIRE EXTINGUISHING EFFICIENCY

The research conducted on the mechanisms of action of bulk fire extinguishing means has shown that for volumetric fire extinguishing the most appropriate are fire extinguishing means that act both as inhibitors and as deterrent. Simultaneous action in both directions with a volumetric fire extinguishing will lead to substantial reduction of fire extinguishing concentration. It has been found that the principle of creation of combined extinguishing agents was based on mutual reinforcement (synergism) of the effectiveness of individual components combined in a mixture.

Key words: inhibitors (ACE), extinguishing powder, fire extinguishing, deterrent.

Вступ. Ефективність гасіння горіння прямо залежить від ефективності вогнегасних речовин та технологій їх застосування. Всі вогнегасні речовини мають відповідні, фізико-хімічні властивості, які забезпечують власне механізм гасіння, а відповідно і спектр використання. При цьому ефективність вогнегасної речовини визначають такі напрями дії на полум'я, як охолодження, інгібування, ізолювання, розбавлення, або їх комбінована дія.

Постановка проблеми. Найперспективніші способи об'ємного пожежогасіння полягають у застосуванні інгібіторів, оскільки він полягає у застосуванні високодисперсних вогнегасних речовин, які подаються та діють в об'ємі всюди однаково. Загалом усім засобам об'ємного гасіння притаманні певні вади, характерні для традиційних сучасних вогнегасних засобів. Сумарно кожному з вогнегасних засобів властива певна ефективність, яка буде складатись з окремої дії кожного з напрямів – інгібування, ізолювання, розбавлення або їх комбінація.

Таким чином, застосування тих чи інших вогнегасних речовин чи засобів в тих чи інших умовах з найвищою ефективністю є актуальним на сьогоднішні питанням.

Мета роботи. На основі аналізу механізмів вогнегасної дії визначити умови ефективного застосування вогнегасних речовин для об'ємного пожежогасіння.

Виклад основного матеріалу

На даний час є достатня кількість публікацій в науковій літературі щодо механізму придушення вогнегасними речовинами та засобами. При ширшому вивченні механізму припинення горіння нейтральними газами його можна пояснити одночасною дією таких чинників: розбавленням горючого газового середовища, чим досягається зниження концентрації окисника і горючої речовини, а це, своєю чергою, веде до зниження швидкості реакції окиснення аж до припинення горіння, та відбором частини тепла від зони горіння, тобто охолодженням; зниженням швидкості тепловідлення та інтенсифікацією тепловідводу від зони реакції [1]. В наш час використовуються гази-флегматизатори як у чистому вигляді, так і їх суміші. Так [2] гази-флегматизатори CO_2 , N_2 , Ar та інші використовуються для захисту офісних приміщень, виробничих будівель і т.д. Крім цього, на даний час існують суміші газів, які мають досить широкий перелік позитивних характеристик. Так, наприклад, автори роботи [3] вказують, що суміш газів яка містить 52 % азоту, 40 % аргону і 8 % диоксиду азоту, не залишає хімічних похідних, не токсична в будь-яких концентраціях. Але вказана суміш при введенні в об'єм гасить шляхом зменшення концентрації кисню нижче рівня, підтримання горіння (12,5%), і це при одночасному збільшенні вмісту CO_2 до 4 %.

До другого класу вогнегасних високоефективних речовин, належать хімічно активні інгібітори – галогенвуглеводні (хладони).

Гасіння горіння інгібіторами полягає в зниженні швидкості реакції горіння. Сам механізм гальмування розглядається як процес рекомбінації активних центрів (радикали H , CH , OH та інші), що призводить до обриву ланцюга. Автори [4] стверджують, що кількість хімічно активних інгібіторів, які необхідно ввести в зону реакції для припинення горіння, відносно мала – 3-9 %. При контакті з нагрітими поверхнями та полум'ям фреони здатні утворювати токсичні речовини HCl , HBr та ін. [5]. Кількість агенту, який може розкладатись при гасінні пожежі, залежить від температури середовища в зоні горіння на пожежі, часу контакту з фронтом полум'я. Так, для прикладу, кінцевими продуктами термічного розкладу галогенвуглеводнів є галоген, оксид вуглецю, а за наявності вологи можливе ще і утворення фосгену. В присутності кисню температура розкладу галогенвуглеводню значно зменшується [2]. Це є суттєвим недоліком. Суттєвим є ще те, що фреони причетні до руйнування стратосферного озонового шару планети, тому у вересні 1987 року світовою спільнотою було підписано Протокол щодо обмеження використання озоноруйнівних речовин.

Щодо вогнегасних порошків то вони є достатньо ефективнішими при гасінні майже всіх класів пожеж. Дія вогнегасних порошків на полум'я визначається рядом фізичних та хімічних факторів. Хімічний вплив, в свою чергу, в залежності від виду порошку і виду полум'я, обумовлює гасіння як гомогенним, так і гетерогенним інгібуванням (гальмуванням) реакцій горіння. Гомогенне інгібування здійснюється шляхом втягування активних радикалів в іон-молекулярні комплекси з іонами, молекулами, атомами солей, а також зміною теплових ефектів ряду хімічних реакцій і полівпливу іонів [6]. У випадку гетерогенного механізму інгібування частинки порошку діють як «вловлювачі» активних центрів, що протікають у реакції горіння. Вогнегасні порошки що гасять класи пожеж АВСЕ володіють додатковим ефектом, що проявляється в гасінні тліючих речовин та матеріалів пожеж класу А1. Вогнегасні порошки – одні з найбільш ефективних засобів пожежогасіння, однак недостатнє ознайомлення з основними факторами їх дії на вогнища пожеж різних класів призводило до неправильного застосування тих чи інших марок порошків в умовах реальних пожеж. Також вогнегасний порошок, на відміну від вогнегасних газів, швидко осідає після потрапляння в об'єм та не забезпечує збереження вогнегасної концентрації до 30 хвилин. Таким чином вогнегасні порошки не є універсальними об'ємними засобами пожежогасіння.

Вогнегасна дія дисперсної води або її соляні водні розчини проявляється в основному завдяки охолоджувальному чиннику і, звичайно, розбавленню зони реакції при утворенні водяної пари, а також зміні теплофізичних властивостей горючої системи.

В роботі [7] показано, що вогнегасна ефективність всіх вогнегасних порошків збільшується із зростанням ступеня дисперсності. Таким чином при гасінні високодисперсними порошками кількість ефективних взаємодій молекул і радикалів в зоні хімічної реакції горіння буде значно меншою, бо число нейтральних частинок високодисперсного порошку в 1 см^3 співмірне з числом активних радикалів. Загальновідомо, що обрив ланцюгових реакцій здійснюється як на твердій поверхні, тобто від кожного активного центра тягнеться ланцюг до твердої поверхні, а отже, чим ближче активний центр до твердої поверхні, тим коротший ланцюг, що забезпечує високу ймовірність обриву ланцюга, отже, і висока ймовірність зниження швидкості горіння аж до його повного припинення.

Автор [8] вказав, що чим дрібніші частинки, тим швидше вони будуть прогріватись і тим більше будуть відбирати тепло від зони хімічної реакції за одиницю часу і тим швидше буде охолоджуватись полум'я про що свідчать розрахунки. Проте розбавлення зони горіння і відвід тепла частинками пилу є недостатнім для того, щоб повністю припинити горіння. Так, в роботі [9] було показано, що вогнегасний ефект порошків, завдяки інгібуванню, на основі солей лужних металів значно перевищує ефект охолодження або розбавлення. Тобто порошки здатні гальмувати хімічні реакції горіння, діючи як інгібітори.

Автором роботи [10] на основі експериментальних даних дослідження великої групи дисперсних частинок було встановлено, що одні порошки дуже слабо впливають на швидкість горіння, а інші, навіть при незначних концентраціях різко знижують швидкість розповсюдження полум'я. Дослідники розділили порошки на дві групи. До першої групи належать термічні інгібітори (сполуки кремнію, алюмінію, натрію і інші) і діють тільки як холодна стінка, знижуючи кінетичну енергію активних частинок. Таких порошків для гасіння полум'я потрібно досить багато. Друга група – хімічні інгібітори (як правило, солі лужних металів), яких для гасіння потрібно значно менше.

Як відомо інгібування відбувається завдяки обриву ланцюгів хімічної реакції при контакті хімічно активних радикалів з твердими частинками. Той факт, що порошки здатні припинити горіння при дуже малих концентраціях, вказує на те, що домінуючим в процесі гасіння є механізм інгібування завдяки наявності дрібнодисперсної конденсованої фази, яка призводить до припинення хімічних реакцій відповідальних за розвиток процесу горіння.

З аналізу літератури відомі два механізми інгібування полум'я порошками: гомогенний, оснований на взаємодії активних центрів з газоподібними продуктами розкладу або випаровування порошків, і гетерогенний, суть якого полягає в рекомбінації активних центрів на поверхні твердих частинок. Механізм гомогенної взаємодії заснований на реакціях взаємодії гідроксиду калію або натрію з гідрогеном [11]:

В цій же роботі було показано, що калій не є ефективним інгібітором, бо перехід К в КОН є відносно повільним процесом; аніони не відіграють помітної ролі в інгібуванні, бо різні солі (наприклад, карбонати, сульфати) мають близьку вогнегасну ефективність. Хоча

автори роботи [12], досліджуючи процес рекомбінації радикалів \dot{H} і \dot{OH} в полум'ї $H_2+O_2+N_2$ в присутності калію, зазначають, що процес видалення цих радикалів є циклічним і здійснюється за реакціями взаємодії металу з \dot{OH} радикалом та гідроксиду калію з воднем з

утворенням води та металу. Метал при цьому діє подібно до каталізаторів. Так, автори [13] вказують, що дисперсні солі $KHCO_3$ та $NaHCO_3$ із зменшенням розмірів частинок з 63 мкм до 38 мкм при гасінні пропано-повітряного бунзенівського факела збільшують свою ефективність (зменшення вогнегасної концентрації з 100 г/м^3 до 30 г/м^3). Для того, щоб інгібування здійснювалось за гомогенним механізмом, необхідно, щоб інгібітор перебував в газовому стані. В даному випадку ставиться питання про випаровування твердих частинок порошку в газову фазу. В ряді робіт [14,15] було показано, що дійсно порошки з розміром частинок меншим за 17 мкм можуть випаровуватись ще до досягнення фронту полум'я.

Щодо вогнегасних порошків, то автор [16] вказує, що гомогенний механізм інгібування підтверджується підвищенням вогнегасної здатності аерозолів на 20 % при додаванні в АУС близько 1% КОН. Більш категорично на користь гомогенного механізму гасіння порошків висловлюється автор роботи [17], котрий, спираючись на проведені розрахунки швидкості випаровування конденсованих частинок порошку, вважає, що ультрадисперсні частинки хлориду та карбонату встигають випаровуватись і іонізуватись ще на шляху до фронту полум'я. Причому механізм гетерогенного інгібування може бути описаний реакціями рекомбінації активних центрів.

Автор [10] показав, що існує лінійна залежність між квадратом швидкості розповсюдження полум'я і сумарною поверхнею порошків. В роботі [6] також стверджується, що ефективність порошків зростає із зростанням відношення площа : маса. Тим самим автор [17], очевидно, не відкидає і роль гомогенного механізму інгібування, і власне ним висловлюється думка, що вогнегасні порошки діють за комбінованою схемою гетерогенного-гомогенного механізму. На даний час єдиної думки щодо механізму вогнегасної дії порошків ще не сформовано. В роботі [16] відмічається, що одночасна присутність в об'ємі порошку, CO_2 та водяної пари значно зменшує час горіння метану в реакторі об'ємом 10 л, навіть при незначних концентраціях (1,0-1,2 % об.). Аналіз загальних закономірностей процесів інгібування показує, що підвищити ефективність інгібувальних засобів можна, знизивши вміст окислювача в горючій суміші. Знизити концентрацію окислювача достатньо не у всьому приміщенні, а тільки в зоні дії інгібувальних речовин, тобто в зоні горіння. Таким чином, робить висновок автор [18], негорючі газоподібні компоненти, додатково розбавляють горючу систему, знижують концентрацію кисню в і тим самим різко підвищують ефективність вогнегасної дії інгібітора.

Так, наприклад, розбавлення суміші «природний газ + повітря» на 10% азотом знижує вогнегасну концентрацію хладону в 2 рази, а при розбавленні на 20% вогнегасна концентрація хладону становить всього 0,5-0,6 % [1]. На зменшення в 2,5 рази вогнегасної концентрації хладону 114В2 для гасіння н-гептану шляхом додавання азоту вказують автори роботи 19 [51]. Подібний ефект спостерігається і при використанні CO_2 . Автори [19] пояснюють це тим, що із зменшенням концентрації кисню в повітрі, різко збільшується ефективність дії інгібіторів. Крім цього, як вказує автор [2], CO_2 є найбільш ефективним з усіх інертних газів бо може піднімати нижню концентраційну межу поширення полум'я. Отже, механізм об'ємного гасіння інгібіторами доречно розглядати за принципом комбінованої дії вогнегасних засобів. Також відомо, що принцип створення комбінованих вогнегасних засобів базується на взаємному підсиленні (синергізмі) гасіння окремих компонентів, які знаходяться в суміші.

Висновок: Враховуючи результати вищезгаданих досліджень механізмів вогнегасної дії об'ємних засобів пожежогасіння, можна зробити висновок, що для гасіння об'ємним способом найкраще використовувати засоби пожежогасіння, які діють одночасно і як інгібітори, і як флегматизатори. Одночасна дія за цими напрямками при об'ємному пожежогасінні призведе до значного зменшення вогнегасної концентрації як флегматизатора, так і інгібітора.

Список літератури:

1. **Абдурагимов И.М.** Говоров В.Ю. Макаров В.Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров. ВПТШ МВД СССР Москва 1980 С.255
2. **Котов. А.Г.** Андрейченко П.А. ООО. «НПФ» Бранд майстер», Газовые огнетушащие составы. Практическое пособие по применению Киев -2004 С. 215.
3. **Котов А.Г.** Пожаротушение и системы безопасности Киев-2003 С.67
4. **Баратов А.Н.** Иванов Е.Н. Корольченко А.Я., Пожарная безопасность. Взрывобезопасность. Справочн. изд/ М. Химия, 1987. С. 269.
5. **Антонов А.** Пожежна безпека №3, 2003 р. Проблема заміни озоноруйнівних хладонів на екологічно безпечні альтернативні вогнегасні речовини №3 С. 9-12.
6. **Исавнин Н.В.** Средства порошкового пожаротушения Москва стройиздат 1983 С. 154.

7. Шрайбер Г. Порст П Огнетушащие вещества Москва Стройиздат 1975. Перевод с германского С. 237.

8. Шорин С.Н., Балин В.А. Влияние инертной пыли на нормальную скорость распространения пламени в горючих газовых смесях // Вопросы теории горения. Труды общесоюзного семинара по теории горения: Сб. науч. тр.– М.:Наука, 1970. – С. 93–100.

9. Гоголь Л.А., Кононенко К.М., Однорог Д.С., Колесников Б.Я. и др. /Ингибирование горение пропана аэрозолями солей металлов // Ингибирование цепных газовых реакций: Материалы совещания по механизму ингибирования цепных газовых реакций.– Алма-Ата, 1971. – С. 205 – 213.

10. Dewitte M., Vrebosh J., Van Tiggelen A., Inhibition and Extinction of Premixed Flames by Dust Particles // Combust. and Flame. – 1984. vol. 8, №4. – P. 257-266.

11. Bulewich E.M., Padley P.J. Catalytic Effect of Metal Additives on Free Radical Recombination Rates // Chem.Phys. lett. – 1971. – Vol/ 9, №5, P. 467 – 468.

12. Mc Hale E.T. Flame Inhibition by Potassium Compounds // Combust and Flame. – 1975. – Vol. 24 №2. – P.277 – 279.

13. James W. Fleming, Bradley A. Wiams and Ronald S. Sheinson Navy Tehnology Center for Safety and Survivability Naval Researh Laboratory Washington, DC 20375 – 5342 USA. Suppresion efektivveeness of aerosols: the effect of size and flame type.

14. Mitani T., Niioka T. Comparison of Experiment and Theory on Heterogeneous Flame Suppresants // Nineteenth Symposium on Combustion: The Comb. Inst.– 1982. –P.869–875.

15. Dodding R.A., Simmons R.F. The Extinction of Methane – Air Diffussion Flames by Sodium Bicarbonate Powers // Combust. and Flame. – 1970. Vol.15, №3.– P 313–315.

16. Баратов А.Н. Копылов Н.П. Об ингибировании пламени аэрозолями получаемыми сжиганием пропеллантов. Проблемы горения и тушения пожаров на рубеже веков. // Материалы XV научно – практической конференции. Часть 1. Москва – 1999. С. 235 – 236.

17. Добриков В.В., Баратов А.Н., Федотов А.П., Расчет испарения частиц огнетушащих порошков в пламени и механизм их огнетушащего действия // Материалы I Всесоюзного симпозиума по макроскопической кинетике и химической газодинамике. Алма – ата. 1984. Тез. докл. – Т.1. – Ч.2. – Черноголовка: ОИХФ АН СССР, 1984. С. 63 – 64.

18. Жартовський В.М., Откідач М.Я., Цапко Ю.В., Тропінов О.Г. Дослідження з визначення вогнегасної ефективності сумішей інгібіторів горіння та інертних розріджувачів. Науковий вісник, 2003, №2. С. 5–10.

References:

1. Abduragimov I.M., Dialects V.Y., Makarov V.E., Physico-chemical basis development and extinguishing fires. VPTSH Ministry of Internal Affairs of the USSR Moscow 1980 P. 255

2. Cats A.G. Andreychenko P.A. LTD. "APF" Brand Meister "Gas-Ognetov shaschie compositions. A practical guide to the use of Kiev P. 215 – 2004.

3. Kotov A.G. Fire fighting and safety systems Kiev – 2003 P. 67

4. A.N. Baratov, Ivanov E.N., Korolchenko A.Y., Fire safety. Explosion-security. Background. ed / M. Chemistry, 1987. 269 pp.

5. A. Antonov Fire safety №3, 2003. Problem of replacement ozone-depleting hladones to environmentally friendly alternative extinguishing agents №3 S. 9-12.

6. Isavnin N.V. Means powder extinguishing Moscow Stroyizdat 1983 S. 154.

7. G. Schreiber, P. Porst. Extinguishing agents Stroyizdat Moscow, 1975. Translated from the German 237 pp.

8. Shorin S.N., Balin V.A. Influence of inert dust to normal speed Proliferation flame in combustible gas mixtures // Problems in the theory of combustion. Proceedings of the Moscow Seminar on the theory of combustion: Sat. scientific. tr. – Nauka, 1970. – P. 93-100.

- 9. Gogol L.A,** Kononenko K.M., Odnorog D.S., Kolesnikov B.J. et al. / Inhibition of propane combustion aerosols metal salts // Inhibition chain n-zovyh reactions: Proceedings of the meeting on the mechanism of inhibition of chain reactions of reactions. – Alma-Ata, 1971. – P. 205 -213.
- 10. Dewitte M.,** Vrebosh J., Van Tiggelen A., Inhibition and Extinction of Premixed Flames by Dust Particles // Combust. and Flame. – 1984. vol. 8, №4. – P. 257-266.
- 11. Bulewich E.M.,** Padley P.J. Catalytic Effect of Metal Additives on Free Radical Recombination Rates // Chem.Phys. lett. – 1971. – Vol / 9, №5, P. 467 - 468.
- 12. Mc Hale E.T.** Flame Inhibition by Potassium Compounds // Combust and Flame. - 1975. – Vol. 24 №2. – P.277-279.
- 13. James W. Fleming,** Bradley A. Wiams and Ronald S. Sheinson Navy Tehnology Center for Safety and Survivability Naval Research Laboratory Washington, DC 20375 - 5342 USA. Suppression effectiveness of aerosols: the effect of size and flame type.
- 14. Mitani T.,** Niioka T. Comparison of Experiment and Theory on Heterogeneous Flame Suppressants // Nineteenth Symposium on Combustion: The Comb. Inst. – 1982. – P. 869-875.
- 15. Dodding R.A.,** Simmons R.F. The Extinction of Methane – Air Diffussion Flames by Sodium Bicarbonate Powders // Combust. and Flame. – 1970. Vol.15, №3. – P 313-315.
- 16. A.N Baratov,** N.P. Kopylov. The inhibition of flame aerosol obtainable mi burning propellantov. Problems burning and extinguishing fires at the turn of the century. // Materials XV scientific - practical conference. Part 1: Moscow – 1999, pp 235 – 236.
- 17. Dobrikov V.V,** Baratov AN, AP Fedotov, Calculation of particle evaporation ogetusha-ing powder into the flames and the mechanism of their action extinguishing // Proceedings of the I-th All-Union simoziuma on macroscopic kinetics and chemical gas dynamics. Alma-Ata. 1984. Proc. rep. – Vol.1. – Part 2. – Chernogolovka: OIHF USSR Academy of Sciences, 1984, pp 63 - 64.
- 18. Zhartovsky V.M,** Otkidach M.J., Tsapko Y.V., Tropinov O.G. Research on you value extinguishing efficiency flame retardants and mixtures of inert diluents. Science Bulletin, 2003, №2. P. 5-10.

