Научная статья
УДК 614.841.3
doi: 10.34987/2712-9233.2023.60.29.009

Исследование кинетических параметров горения для объемного пожаротушения

Ринат Валерьевич Халиков

ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, Москва, Россия
Автор ответственный за переписку*: *Ринат Валерьевич Халиков, vokilah@rambler.ru

Аннотация. В статье проанализированы пожары, происходящие в замкнутых объемах газокомпрессорных станций. Рассмотрены физико-химические характеристики огнетушащих составов, используемых для тушения пожаров в замкнутых объемах объектов газокомпрессорных станций, выявлены их преимущества и недостатки с точки зрения теория разветвленно-цепных процессов горения. Описаны реакционные цепи горения, предложены способы совершенствования объемного пожаротушения данных объектов.

Ключевые слова: разветвленно-цепные процессы, горение, объемное пожаротушение, газокомпрессорные станции

Для цитирования: Халиков Р.В. Исследование кинетических параметров горения для объемного пожаротушения // Актуальные проблемы безопасности в техносфере. 2023. № 1 (9). С. 49-51. https://doi.org/10.34987/2712-9233.2023.60.29.009

Study of the kinetic parameters of combustion for volumetric fire extinguishing

Rinat V. Khalikov

FSBEI HE Academy of the State Fire Service of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia
***Corresponding author:** Rinat V. Khalikov, vokilah@rambler.ru*

Abstract. The article analyzes fires that occur in closed volumes of gas compressor stations. The physical and chemical characteristics of fire extinguishing compositions used to extinguish fires in closed volumes of gas compressor stations are considered, their advantages and disadvantages are identified from the point of view of the theory of branched-chain combustion processes. The reaction chains of combustion are described, methods for improving the volumetric fire extinguishing of these objects are proposed.

Key words: branched-chain processes, combustion, volumetric fire extinguishing, gas compressor stations

For citation: Khalikov R.V. Study of the kinetic parameters of combustion for volumetric fire extinguishing // Actual problems of safety in the technosphere. 2023. No. 1 (9). P. 49-51. https://doi.org/10.34987/2712-9233.2023.60.29.009

Согласно проведенным исследованиям было установлено, что эффективность объемного пожаротушения имеющимися средствами пожар тушения не превышает 57 % [1, 2]. Для выявления причин этого проведем сравнение физико-химических характеристик основных огнетушащих составов, использующихся для объемного пожаротушения (Таблица).

Таблица. Сравнение физико-химических характеристик огнетушащих составов

№ п/п	Название огнетушащего вещества	Химический состав	Огнетушащий механизм	Нормативное время тушения / экспериментальные испытания мин
1	Водо-пенные составы	H_2O, пенообразователь и ПАВ	изоляция, охлаждение, разбавление	15
2	Газовое пожаротушение	CO_2, N_2, Ar, HFC и др.	разбавление, ингибирование	12
3	Тонкораспыленная вода	H_2O	охлаждение, разбавление	15
4	Тонкораспыленная вода с ингибиторами	H_2O, ингибирующие добавки	охлаждение, разбавление, ингибирование	10
5	Температурно-активированная вода	H_2O	охлаждение, разбавление, изоляция ингибирование	12
6	Паротушение	H_2O	разбавление, изоляция ингибирование	15

Анализ таблицы показал, что наименьшее время тушения имеют составы огнетушащее действие которых основано на охлаждении и ингибировании. Однако, расходы веществ подвиваемых на тушение при использовании механизма охлаждения на порядок выше. Таким образом, наибольшей эффективностью обладают огнетушащие составы, механизм тушения которых основан химическом торможении процессов горения. Действительно, основу горения составляют процессы, имеющие химическую природу, поэтому наибольшим потенциалом для подавления горения имеют ингибирующие составы. При пожарах в замкнутых объемах газокомпрессорных станций происходит горение в газовой фазе, поэтому необходимо рассмотреть процессы ингибирования, происходящие в газовой фазе в свете теории разветвленно-цепных процессов.

Установим влияние разветвленно-цепных процессов горения на объемное пожаротушение газокомпрессорных станций. Процессы ингибирования горения могут быть объяснены с точки зрения теории разветвленно-цепных процессов горения, для которых саморазогрев не является определяющим, а значит и механизм тушения охлаждением не являются определяющим [3-6]. Схематично разветвлённо-цепная реакция горения веществ в замкнутом объеме может быть описана протеканием следующих стадий:

$$\boldsymbol{A + B \rightarrow x + y} \quad (1)$$

$$\boldsymbol{y + B \rightarrow x + z} \quad (2)$$

$$\boldsymbol{x + A \rightarrow P + y} \quad (3)$$

$$\boldsymbol{z + A \rightarrow x + y} \quad (4)$$

$$\boldsymbol{x + A \rightarrow P + y} \quad (5)$$

где A и B – горючая нагрузка и окислитель; x, y, z – монорадикалы и бирадикал соответственно Таким образом, в замкнутом объеме при горении сначала (1) происходит образование атомов и радикалов, носителей цепей (далее – НЦ) далее они вступают в быстрые реакции (2-5), таким образом происходит образование лавинообразной цепной реакция горения. Кроме процессов генерации носителей цепей происходят и процессы их гибели, однако их молярная скорость много раз меньше, поэтому для торможения данных процессов вводятся химически активные вещества – ингибиторы. Механизм их действия основан на захвате НЦ и снижении их концентрации до критической, при которой скорость обрезания НЦ будет меньше скорости их захвата, реакционные способности ингибиторов различны, однако условная скорость ингибирования процесса горения в замкнутом объеме может быть записана уравнением 6:

$$W = \frac{n[(x,y,z)/i] \times [(v_{\text{раз}} - v_{\text{связ}}) - v_{\text{обр}}]}{4 \times h} \times \text{К}_1 \times \text{К}_2 \quad (6)$$

где $n[x,y,z,i]$ – отношение концентраций монорадикалов, бирадикала и ингибитора соответственно; $v_{\text{раз}}$ – скорость разветвления НЦ, моль/с; $v_{\text{связ}}$ – скорость связывания частиц ингибитора и НЦ, моль/с; скорость обрыва цепей НЦ, моль/с; h – высота пламенного, в котором происходит горение, м;

K_1 – безразмерный коэффициент учитывающий скорость гибели НЦ в данной среде помещения; K_2 – безразмерный коэффициент, учитывающий степень негерметичности помещения.

Таким образом, анализ данной формулы показывает, что условная скорость ингибирования обратно пропорциональна геометрической высоте помещения и прямо пропорциональна скоростным характеристикам НЦ и частиц ингибитора, это показывает, что для достижения максимальной эффективности применения ингибиторов необходимо доставлять активные частицы в зону пламенного горения, преодолев турбулентные потоки образующихся продуктов горения.

Исследование реакционных цепей горения позволило определить механизмы ингибирования горения в замкнутых объемах газокомпрессорных станций существующими средствами пожаротушения, более того на основе формулы 6 можно сделать вывод, что наибольшей способность к ингибированию горения в данных условиях будет среда, сочетающая в себе высокую теплоемкость, дисперсность и возможность доставлять ингибирующие добавки в зону пламенного горения. Такими характеристиками обладает температурно-активированная вода [5], однако ее ингибирующие свойства ограничены присутствием паровой фазы, поэтому актуальными являются исследования повышающие ее ингибирующие способности.

Список источников

1. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. - М.: ВНИИПО, 2019, - 125 с.: ил. 42.

2. Р.В. Халиков Электрохимический подход к объемному тушению пожаров газокомпрессорных станций // Материалы II Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и тенденции развития техносферной безопасности в нефтегазовой отрасли», г. Уфа, 2019 С. 23-28.

3. В.В. Азатян, И.А Болодьян., В.Ю., Навценья, Ю.Н Шебеко., А.Ю. Шебеко Роль реакционых цепей в критических условиях распространения пламени в разах [Электронный ресурс] // Горение и взрыв. 2012. № 5 Т.5 С. 53-60. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=21796931 (дата обращения 01.01.2020)

4. Азатян, Вилен Вагаршович Цепные реакции в процессах горения, взрыва и детонации газов [Текст]: [монография] / В. В. Азатян ; Российская академия наук, Объединенный институт высоких температур, Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения. - Черноголовка : [б. и.], 2017. - 431, [1] с.: ил., табл., цв. ил.; 21 см.; ISBN 978-5-9908297-2-5 : 200 экз.

5. В.В. Роенко, А.В. Пряничников, Е.Б. Бондарев Применение температурно-активированной воды для тушения пожаров турбинных масел на объектах теплоэнергетики. [Электронный ресурс] // Технологии техносферной безопасности. 2015. №4 (62). С. 84-93. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=25846407 (дата обращения 01.01.2020)

Статья поступила в редакцию 16.01.2023; одобрена после рецензирования 01.03.2023; принята к публикации 28.03.2023

The article was submitted 16.01.2023, approved after reviewing 01.03.2023, accepted for publication 28.03.2023