

диаметром 100 мм размещались на определенном фиксированном расстоянии друг от друга квадратные пластины из оргстекла со стороной 80 мм. Минимальная длина щелевого канала равнялась половине стороны пластины, т. е. 40 мм. В центре пластин сверлились отверстия диаметром 0,5 мм для поджигающих элементов, концы которых располагались в плоскости внутренних поверхностей пластин. После продувки трубы горючей смесью и остановки потока смесь поджигалась.

При ширине щели 6,5 мм образующееся в результате поджигания пламя не выходит за пределы квадрата щели, распространяясь во все стороны на 20—30 мм. При ширине щели 7,5 мм пламя распространялось по щелевому каналу и поджигало смесь во всем объеме трубы. Таким образом, минимальная величина $\delta_{кр,аммиачно-воздушная}$ смеси при $p=1$ атм и $T=293$ К оказалась равной 7 мм. С учетом пересчета щелевого канала на цилиндрический ($\delta_{кр} = 1,4\delta_{крщ}$ [14]) величина $\delta_{крщ} = 7$ мм удовлетворительно согласуется с приведенными выше опытными данными.

Поступила в редакцию
28/II 1978

ЛИТЕРАТУРА

1. H. F. Coward, G. W. Jones. US Bureau of Mines, 1952, Bull., 503.
2. L. Cohen. Fuel, 1955, 34, 123.
3. В. Ф. Заказнов, Л. А. Куршева и др. Труды ГИАП, вып. 36, 1975, с. 43.
4. В. С. Бабкин. ФГВ, 1973, 9, 5, 758.
5. J. R. Grove. Third Symposium on Chemical Process Hazards with Special Reference to Plant, Design. London, 1967, p. 51.
6. В. Ф. Заказнов, Л. А. Куршева и др. ФГВ, 1975, 11, 2, 247.
7. R. F. Simmons, N. Wright. Combustion and Flame, 1972, 18, 2, 203.
8. В. Н. Кривулин. ФГВ, 1975, 11, 6, 890.
9. В. Ф. Заказнов, Л. А. Куршева и др. ФГВ, 1976, 12, 1, 132.
10. В. Ф. Заказнов, А. И. Розловский, И. И. Стрижевский. Инж. ж., 1963, 3, 2, 280.
11. Пожарная опасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности. Справочник. Под ред. И. В. Рябова. М., «Химия», 1970.
12. С. М. Когарко, А. Г. Лямин, В. А. Михайлов. Хим. пром-сть, 1965, № 8, с. 621.
13. В. Ф. Заказнов, А. И. Розловский, И. И. Стрижевский. ЖФХ, 1968, 42, 10, 2638.
14. A. Thomas. VI-th Symposium on Combustion. New York. 1957, p. 701.

ОБ ЭФФЕКТЕ СИНЕРГИЗМА В ПРОЦЕССАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ

В. А. Бунев, В. С. Бабкин

(Новосибирск)

Известно, что добавление двух или нескольких ингибиторов в смесь горючего газа с окислителем может привести к непропорциональному увеличению эффективности ингибирования процесса горения, называемому синергизмом. Это явление широко используется для поиска эффективных огнегасящих составов. Однако предлагаемые в литературе [1—3] критерии оценки этого эффекта недостаточно корректны и в ряде случаев приводят к неточным выводам относительно степени влияния ингибиторов друг на друга.

$I_0, \%$	T°, C	Бензол—воздух			Циклогексан—воздух		
		$\pi_{\text{расч}}, \%$	$\pi_{\text{экс}}, \%$	$\Delta\pi, \%$	$\pi_{\text{расч}}, \%$	$\pi_{\text{экс}}, \%$	$\Delta\pi, \%$
1	50	5,65	5,25	0,40	4,55	4,05	0,50
	80	5,25	4,50	0,75	4,15	3,50	0,65
	120	5,00	4,0	1,0	3,95	3,50	0,45
2	50	4,40	3,5	0,9	3,70	2,80	0,9
	80	3,50	3,0	0,5	3,35	2,55	0,8
	120	2,85	2,5	0,35	3,20	2,40	0,8

В настоящей работе предлагается критерий для оценки величины синергизма, основанный на предположении о том, что при отсутствии этого эффекта действия добавок обладают аддитивными свойствами. Предположение об аддитивности позволяет использовать известное правило Ле-Шателье для пределов распространения пламени, утверждающее, что при смешении в произвольном соотношении двух предельных смесей, содержащих ингибиторы в количестве $I_1^0 = I_2^0 = I^0$, получится предельная смесь. Здесь I_1^0 и I_2^0 — концентрации ингибиторов в смешиваемых смесях, I_0 — концентрация составного ингибитора в сложной смеси. Поскольку концентрации ингибиторов в простых и сложных смесях одинаковы, то по правилу предельная концентрация топлива определяется следующим образом:

$$\pi = \alpha(\pi_1 - \pi_2) + \pi_2.$$

Здесь π_1, π_2, π — предельные концентрации топлива для ингибиторов с концентрацией I_1^0, I_2^0, I^0 соответственно; α — мольная доля ингибитора I_1 в составном ингибиторе. Видно, что при изменении α от 0 до 1 искомая предельная концентрация топлива в смеси π меняется линейно от π_2 до π_1 . Таким образом, при отсутствии эффекта синергизма предельная концентрация определяется по правилу Ле-Шателье. Отклонение экспериментально определенной величины π от вычисленного значения обусловлено эффектом синергизма, а степень отклонения $\Delta\pi$ является естественной мерой этого эффекта, поскольку сравнение необходимо проводить с тем случаем, когда эффекта нет, т. е. с аддитивным случаем. Ниже приводятся примеры использования данного подхода к оценке эффекта синергизма.

В таблице представлены величины $\Delta\pi$ для смесей бензол—воздух и циклогексан—воздух и ингибиторов тетрафтордибромэтан и диэтиламин для случаев $I^0=1\%$ и $I^0=2\%$. Эти значения получены по экспериментальным данным [1]. Согласно таблице эффект синергизма в той или иной мере наблюдается во всех рассматриваемых случаях, а тетрафтордибромэтан и диэтиламин — синергисты. Этот вывод отличается от вывода, сделанного в работе [1]. Данные, представленные в таблице, относятся к составному ингибитору, для которого отношение компонентов равно единице. Очевидно, что величина эффекта синергизма должна зависеть от этого отношения. Интересно с точки зрения получения информации о природе синергизма и практических применений найти то отношение ингибиторов, при котором составной ингибитор будет наиболее эффективным.

В настоящей работе рассматривался также двухкомпонентный ингибитор, состоящий из бромистого этила и диэтилового эфира. Данный ингибитор добавлялся в богатые водородно-воздушные смеси. Пределы распространения пламени определялись по методу [4]. Начальные условия опытов: $p_0=1,145 \cdot 10^5$ Па, $T_0=293$ К. Точность определения объемных концентраций составляла $\pm 0,1\%$, относительная точность определения концентраций ингибитора $\sim 5\%$.

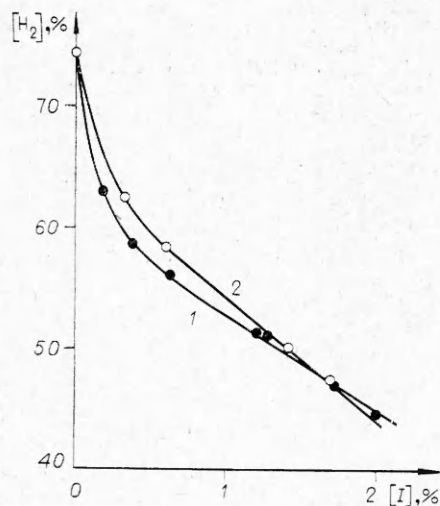


Рис. 1. Зависимость верхнего предела распространения пламени в смесях водород — воздух от концентрации ингибитора.
1 — этилбромид; 2 — диэтиловый эфир.

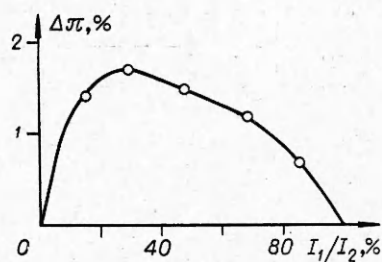


Рис. 2. Зависимость эффекта синергизма от отношения между ингибиторами $\left(\frac{I_1}{I_2} \equiv \frac{I_1}{I_1 + I_2} \cdot 100 \%\right)$.

На рис. 1 представлены зависимости предельной концентрации водорода от величины добавленного ингибитора. Видно, что бромистый этил и диэтиловый эфир обладают свойствами, присущими ингибитору, — при малых концентрациях добавки наблюдается достаточно резкое уменьшение верхнего предела распространения пламени. При концентрации добавки 1,7% пределы распространения пламени для обоих ингибиторов совпадают. Это значение концентрации использовано для оценки эффекта синергизма пары диэтиловый эфир и бромистый этил. Предельная концентрация водорода для каждого ингибитора при $I^0 = 1,7\%$ равна 47,3%. При одновременном добавлении в смесь обоих ингибиторов предельная концентрация водорода уменьшается и наименьшее ее значение равно 45,6%.

На рис. 2 приведена зависимость от отношения I_1/I_2 между ингибиторами этилбромид/(этилбромид+эфир) величины $\Delta\pi$ — разницы между экспериментальными пределами и рассчитанными на основании предположения об аддитивности. Видно, что наиболее эффективным ингибитором будет смесь, содержащая ингибиторы в отношении 1:2 (одна часть этилбромида на две части диэтилового эфира). Возможно, при другом значении I^0 в наиболее эффективном составном ингибиторе отношение компонентов будет отличаться от указанного выше.

Поступила в редакцию
9/1 1978

ЛИТЕРАТУРА

1. С. П. Новикова, Б. В. Карпинский, Г. И. Ксандопуло. — В сб.: Ингибирование цепных газовых реакций. Алма-Ата, 1971.
2. D. R. Miller, R. L. Evers, G. V. Skinner. Comb. and Flame, 1963, 7, 2, 173.
3. Б. В. Карпинский, Ю. А. Рябкин и др. — В сб.: Горение и взрыв. М., «Наука», 1972.
4. В. А. Бунев, В. С. Бабкин. ФГВ, 1975, 11, 1, 135.