

Естественно, что никакая монотонно изменяющаяся функция $w(\varphi)$ (и, в частности, (2) и (3)) не может описать подобных данных во всем интервале φ . Следует отдельно объяснять участки, где $w = \text{const} \neq f(\varphi)$ и где w растет вместе с φ . Если зависимость (3) выполняется во всем интервале $\varphi = -90^\circ \div +90^\circ$, то $k_+ = w_{90^\circ}/w_0 - 1$; $k_- = 1 - w_{-90^\circ}/w_0$.

Таким образом, приведенный анализ показал, что формула (3) во многих (хотя и не во всех) случаях позволяет удовлетворительно прогнозировать зависимость скорости пламени вдоль поверхности образца твердого горючего от ориентации образца и позволяет расположить различные горючие в ряд по их чувствительности к обдуву собственными продуктами сгорания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Magee R. S., McAlevy R. F. J. Fire Flammability, 1974, 2, 271.
2. Fernandez-Pello A., Williams F. A. 5-th Symp. (Intern.) on Combustion.— Pittsburgh, 1974.
3. Fernandez-Pello A., Williams F. A. Comb. Sci. Technol., 1976, 14, 4—6, 155.
4. Sibulkin M., Lee C. K. Comb. Sci. Technol., 1974, 9, 3—4, 137.
5. Bakhman N. N., Aldabaev L. I., Kondrikov B. N. e. a. Comb. Flame, 1981, 44, 1, 17.
6. Hirano T., Noreikis S. E., Waterman T. E. Comb. Flame, 1974, 22, 3, 353.
7. Сухинин А. И., Конев Э. В., Курбатский И. П. ФГВ, 1975, 11, 5, 743.
8. Бахман И. И., Кодолов В. И., Ларионов К. И. и др. ФГВ, 1986, 22, 5, 22.
9. Ito A., Kashiwagi T. Comb. Flame, 1988, 71, 2, 189.
10. Кодолов В. И., Князева Л. Ф., Храмая Г. С. и др. Пластмассы, 1985, 11, 56.
11. Fernandez-Pello A. C., Hirano T. Comb. Sci. Technol., 1983, 32, 1—4, 1.

*Поступила в редакцию 24/IV 1986,
после доработки — 23/XI 1987*

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОГО ДЕЙСТВИЯ ИНЕРТНОГО РАЗБАВИТЕЛЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ГАЗОФАЗНЫЕ ПЛАМЕНА

*Г. А. Гуляев, Г. А. Попков, Ю. Н. Шебеко, А. П. Короленок
(Балашиха)*

Разбавление исходной горючей смеси инертным газом, наложение на пламя электрического поля определенной геометрии и полярности могут приводить к гашению пламени [1]. С точки зрения изучения механизма процессов горения, а также для практического применения электрических полей для управления этими процессами, представляет интерес исследование совместного действия на пламена органических веществ инертного разбавителя и электрического поля. В работе [2] показано, что наложение на разбавленное азотом или аргоном пламя предварительно перемешанной смеси пропан-бутана с воздухом электрического поля приводит к усилению огнетушащего действия аргона и ослаблению действия азота. Однако не выявлена зависимость наблюдаемого эффекта от величины приложенного электрического потенциала, состава окислительной среды, вида пламени (предварительно перемешанной смеси или диффузионное). Исследованию влияния перечисленных выше факторов посвящена настоящая работа.

Опыты проводили на круглой металлической горелке с внутренним диаметром 10 мм, окруженной коаксиальной с ней цилиндрической металлической сеткой диаметром 150 мм с размером ячейки 1×1 мм. Изучали пламя предварительно перемешанной смеси пропан-бутана с окислительной средой (воздух, разбавленный аргоном или азотом; смесь аргона с кислородом в соотношении 4:1, разбавленная аргоном или азотом), а также диффузионное пламя пропан-бутана в воздухе. В последнем случае инертный разбавитель добавляли в горючий газ. Горел-

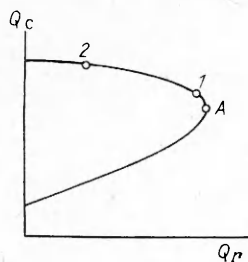


Рис. 1. Типичная зависимость предельного расхода топливно-воздушной смеси Q_c от расхода инертного разбавителя Q_r .

1, 2 — приблизительное расположение точек, отвечающих кривым 1 и 2 на рис. 2, 3.

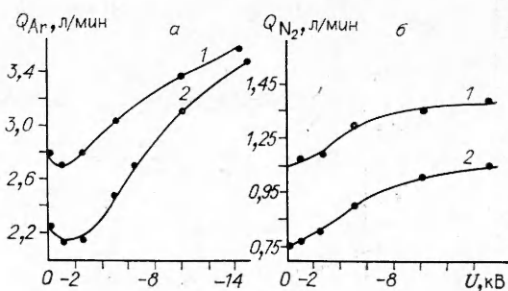


Рис. 2. Зависимость предельного расхода инертных компонентов от величины приложенного потенциала U .

а) аргон, расход топливной смеси 17 (1) и 24 л/мин (2); б) азот, расход топливно-воздушной смеси 12 (1) и 21 л/мин (2). Коэффициент избытка окислителя $\alpha = 1,25$.

ку заземляли, на сетку подавали отрицательный потенциал. Полярность потенциала выбрана, исходя из того, что в опытах ставилась цель исследовать гашение пламени, которое в соответствии с результатами [3] происходит при указанной выше геометрии поля лишь при отрицательной полярности потенциала. Расходы компонентов смеси контролировали по ротаметрам. Методика эксперимента аналогична описанной в [2]. Погрешность определения расходов отдельных компонентов смеси не превышала 0,05 л/мин, а погрешность измерения подаваемого напряжения $< 0,1$ кВ.

Зависимость предельного расхода предварительно перемешанной топливно-воздушной смеси (или смеси газообразного топлива с составом $Ar : O_2 = 4 : 1$) от расхода инертного разбавителя имеет нижнюю и верхнюю ветви (нижний и верхний пределы стабилизации пламени), которые сходятся в одну точку при достаточно большом расходе инертного разбавителя (рис. 1). В настоящей работе исследовалось изменение предельного содержания инертного газа при фиксированном расходе топливно-воздушной смеси вблизи точки А на рис. 1.

На рис. 2, а представлена зависимость расхода инертного компонента (Q_{Ar}) на пределе стабилизации пламени предварительно перемешанной смеси пропан-бутана с воздухом от величины приложенного потенциала для различных расходов топливно-воздушной смеси. Видно, что представленная зависимость имеет минимум вблизи $U = 1,5 \div 2$ кВ. Экстремальный характер приведенной зависимости можно интерпретировать в рамках механизма, предложенного в [2, 4]. Согласно этому механизму, при достаточно высоких значениях параметра $E/[N] \sim \sim 10^{-16}$ В · см² [5] (E — напряженность электрического поля, $[N]$ — концентрация молекул азота в смеси) происходит эффективное возбуждение колебательных уровней молекул N_2 электронами, которые присутствуют в пламенах в концентрациях, существенно превышающих равновесные значения [1]. Молекулы N_2 могут передавать колебательное возбуждение к молекулам O_2 в процессах колебательно-колебательного обмена, что в свою очередь может привести к ускорению основной реакции разветвления в пламени $H + O_2 \rightarrow OH + O$. При этом брутто-реакция горения также ускоряется, что и приводит к дополнительной стабилизации пламени на горелке. Более подробно упомянутый выше механизм рассмотрен в [4]. При малых значениях потенциала преобладает дестабилизирующее влияние электрического поля (см. рис. 2, а), обусловленное в данной конфигурации поля ионным ветром [1, 3]. При более высоких значениях потенциала начинает проявляться описанный выше механизм, что приводит к росту предельной концентрации инертного разбавителя.

Иная картина наблюдается при разбавлении топливно-воздушной смеси азотом (рис. 2, б). Видно, что с ростом абсолютной величины

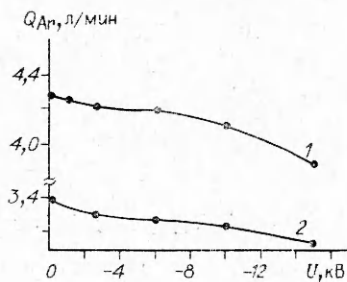


Рис. 3. Зависимость $Q_{Ar}(U)$. Расход смеси топлива с окислительной средой (состав аргон — кислород с соотношением $Ar : O_2 = 4 : 1$) 17 (1) и 24 л/мин (2), $\alpha = 1,25$.

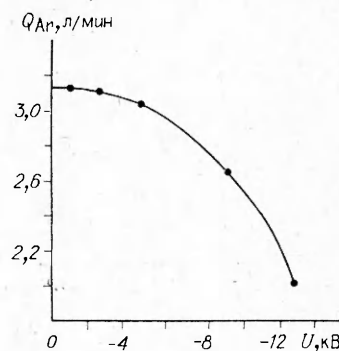


Рис. 4. Зависимость $Q_{Ar}(U)$. Диффузионное пламя пропан-бутана в воздухе.

прикладываемого потенциала предельная концентрация добавочного азота возрастает, т. е. происходит стабилизация пламени. Такая зависимость качественно согласуется с приведенным выше механизмом.

На рис. 3 приведена зависимость предельной концентрации аргона, добавляемого к смеси пропан-бутана с окислительной средой. Видно, что с увеличением абсолютной величины потенциала предельное содержание дополнительного инертного газа падает, в отличие от зависимости на рис. 2, а, которая имеет экстремальный характер. Эксперименты, результаты которых представлены на рис. 2, а и 3, проводились в близких условиях. Наиболее существенное различие состояло в том, что в последнем случае азот воздуха заменен на аргон. Это свидетельствует о наличии специфического воздействия азота совместно с электрическим полем на пламя пропан-бутана, что согласуется с приведенным выше механизмом.

Для диффузионного пламени пропан-бутана, горящего в воздухе, зависимость $Q_{Ar}(U)$, в отличие от случая с пламенем предварительно перемешанной смеси, экстремального характера зависимости не наблюдается (рис. 4), несмотря на наличие во фронте пламени азота воздуха. Аналогичный результат получен в [6], где показано, что в аналогичных условиях эксперимента наложение электрического поля на диффузионное пламя только усиливает огнетушащее действие инертного разбавителя. Объяснение данному эффекту дано в работе [2]. Оно основано на представлениях о наиболее существенной роли колебательной энергии для протекания химической реакции при относительно низких температурах [7]. Согласно этому, предложенный механизм будет играть важную роль лишь в низкотемпературной зоне фронта пламени при условии, что здесь присутствуют как окислитель, так и горючее. В случае диффузионных пламен это условие для низкотемпературной зоны не выполняется и интенсификации горения при наложении электрического поля не наблюдается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лаутон Д., Вейнберг Ф. Электрические аспекты горения.— М.: Энергия, 1976.
2. Гуляев Г. А., Попков Г. А., Шебеко Ю. Н. ФГВ, 1987, 23, 2, 57.
3. Гуляев Г. А., Попков Г. А., Шебеко Ю. Н. ФГВ, 1985, 21, 4, 23.
4. Шебеко Ю. Н. ФГВ, 1982, 18, 4, 48.
5. Елецкий А. В., Палкина Л. А., Смирнов Б. М. Явления переноса в слабоионизированной плазме.— М.: Атомиздат, 1975.
6. Patentschrift N 1274781. BRD, 17 October, 1966.
7. Кондратьев В. Н., Никитин Е. Е. Кинетика и механизм газофазных реакций.— М.: Наука, 1975.

Поступила в редакцию 16/III 1987,
после доработки — 10/VI 1987