

рения плазмообразующего топлива в виде частиц (капель), что необходимо учитывать при проектировании камер сгорания геофизических МГД-генераторов для обеспечения полноты испарения присадки и реализации расчетных электрофизических параметров продуктов сгорания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морохов И. Д., Велихов Е. П., Волков Ю. М. Атомная энергия, 1978, 44, 3, 213.
2. Bangerter C. D., Peterson A. C., Convert E. E. // Proc. 8th Symp. on Engng Aspects of MHD.— Stanford, Calif.: Stanford Univ. Press, 1967.
3. Венгерский В. В., Бабаков Ю. П., Бордаков В. Н. и др. // Матер. Всесоюз. конф. «Применение аппаратов порошковой технологии и процессов термосинтеза в народном хозяйстве».— Томск, 1987.
4. Иващенко Ю. С., Зенченко В. М., Павленко В. Л. и др. ФГВ, 1984, 20, 5, 55.
5. Иоссель Ю. Я. Расчет потенциальных полей в энергетике.— Л.: Энергия, 1978.
6. Чернов Ю. Г., Сахаров Б. Б., Гуревич М. И.— М., 1981.— (Препр./АН СССР. ИАЭ; 3522/16).
7. Недоспасов А. В., Побережский Л. П., Чернов Ю. Г. Состав и свойства рабочих тел МГД-генераторов открытого цикла.— М.: Наука, 1977.
8. Calcote H. F. Comb. Flame, 1981, 42, 3, 215.
9. Магнитогидродинамическое преобразование энергии. Открытый цикл/Под ред. Б. Я. Шумяцкого, М. Петрика.— М.: Наука, 1979.

Поступила в редакцию 3/XI 1987,
после доработки — 14/IV 1988

УДК 541.128 + 543.42 + 536.46 + 537.212

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ АКТИВНЫХ ЦЕНТРОВ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ИОНОВ В ПЛОСКОМ ДИФфуЗИОННОМ УГЛЕВОДОРОДНОМ ПЛАМЕНИ

В. И. Ботова, Б. С. Оспанов, Б. С. Фиалков
(Караганда)

Результаты исследований электрофизических аспектов окисления и горения углеводородов и связи электронно-ионных явлений с механизмом образования активных центров уже сейчас используются при разработке систем контроля и управления этими процессами [1—4]. Успех создания и внедрения подобных устройств в различных отраслях промышленности, связанных с сжиганием топлив, во многом будет зависеть от степени знания механизма последнего с рассмотрением причин появления заряженных частиц, их связи с радикальными реакциями.

Цель настоящей работы — экспериментальное исследование распределения атомов Н, радикалов и отрицательных ионов в плоском диффузионном пламени пропан-бутана. Для стабилизации факела использовалась диффузионная горелка Вольфгарда — Паркера с аргонной защитой. В качестве окислителя бралась смесь O_2 и N_2 , соответственно с расходами 0,64 и 1,9 л/мин, при этом расход топлива составлял 0,12 л/мин. Для изучения распределений атомов Н в пламени использовались метод ЭПР и зондовая техника, при идентификации радикалов, кроме того, применялся вымораживающий узел.

Пробы из пламени оттягивались кварцевым микрозондом (диаметр напускного отверстия порядка 30 мкм), который вводился в горизонтально расположенный факел, перпендикулярно к направленному течению смеси. Зондирование пламени осуществлялось либо со стороны топлива, либо со стороны окислителя. За начало отсчета принималась перегородка между топливом и окислителем, на расстоянии $0,15 \pm 0,01$ мм от которой в сторону окислителя формировался фронт. Ионный состав пламени изучался масс-спектрометрически по методике, описанной в [5].

Изучение формы спектров ЭПР показало, что она меняется в зависимости от точки зондирования (рис. 1). В области топлива ($r = -1,5$ мм) при зондировании со стороны кислорода наблюдается чистый

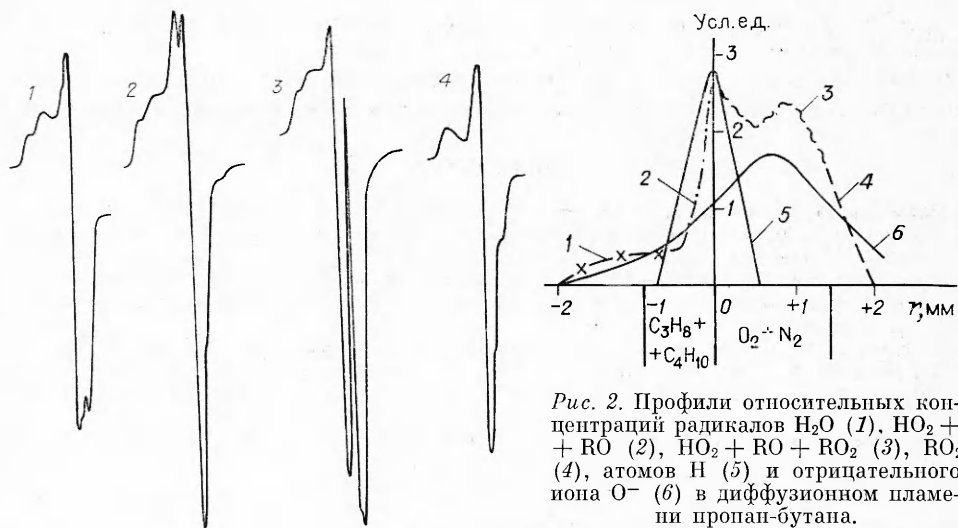


Рис. 1. Спектры ЭПР радикалов, вымороженных из диффузионного пламени на высоте 4 мм от устья горелки на различных расстояниях от плоскости перегородки между топливом и окислителем.

1 — HO_2 , $r = -1,5$ мм; 2 — $\text{HO}_2 + \text{RO} + \text{RO}_2$, $r = 0$; 3 — $\text{HO}_2 + \text{RO} + \text{RO}_2$, $r = +1,0$ мм; 4 — RO_2 , $r = +1,5$ мм.

спектр ЭПР гидроперекисных радикалов, который по мере приближения к фронту видоизменяется в верхней части спектра: появляется расщепление, характеризующее, как показано в [6], появление радикалов RO. Оно усиливается вплоть до $r = +1$, причем в нижней части спектра расщепление порядка 12 Э, связанное с присутствием в пробе радикалов HO_2 , исчезает. Затем, далеко за фронтом в сторону окислителя ($r = +1,5; +2,0$), обнаруживаются радикалы RO_2 .

На рис. 2 показано распределение суммарной концентрации радикалов $\text{HO}_2 + \text{RO} + \text{RO}_2$ и атомов H на высоте 3 мм от устья горелки. Видно, что зарождение радикалов HO_2 происходит в глубинных слоях потока топлива при относительно низких температурах, по-видимому благодаря диффузионному переносу O_2 смеси окислителя. Ближе к фронту, со стороны топлива, в соизмеримых количествах появляются алкоксильные радикалы, максимальные концентрации которых достигаются, так же как и атомов H, во фронте пламени. За фронтом, в области окислителя, регистрируются в основном радикалы RO и RO_2 . Атомарный H занимает относительно радикалов довольно узкую область, но имеет, по предварительной оценке [7], большую, чем на порядок концентрацию. Если аппроксимировать убыль его концентрации до координат +2, -2, то, вероятно, можно утверждать, что в областях, удаленных от фронта и достаточно холодных, по меньшей мере в соизмеримых количествах с радикалами HO_2 и RO_2 будут существовать атомы H.

Эти выводы не противоречат данным [8], где показано, что в предпламенной зоне накапливается большое число углеводородных частиц: C_2H_2 , C_2H_4 , CH_2O и H_2 . На высоте 5 мм от устья горелки разделение радикалов затруднено в силу увеличения конвективных потоков; это проявляется в отсутствии четких границ фронта пламени. На рис. 2 отдельно от других отрицательных ионов выделено распределение O^- . Его появление зарегистрировано в областях низких температур с максимумом распределения на внешней границе фронта со стороны окислителя.

Исходя из характера распределения O^- и учитывая, что процессы окисления лимитированы диффузией кислорода, можно предположить, что основным источником отрицательных ионов O^- является процесс диссоциации молекулы кислорода при взаимодействии ее с электроном: $e^- + \text{O}_2 = \text{O} + \text{O}^-$. В этой связи необходимо отметить образование на начальных этапах химических процессов ($r = -2$) положительных

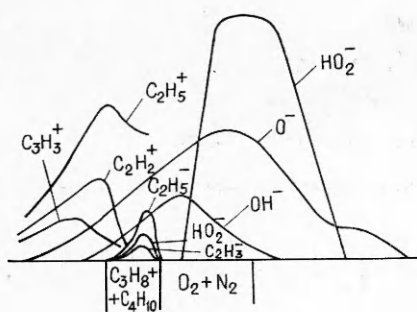


Рис. 3. Распределение положительных [5] и отрицательных ионов по горизонту плоского диффузионного пламени пропан-бутана на высоте 6 мм.

ионов: $C_2H_2^+$, $C_2H_5^+$, $C_3H_3^+$ [5], максимальные концентрации которых, как показано на рис. 3, предшествуют максимальным концентрациям $C_2H_3^-$ (CNH^-), $C_2H_5^-$, HO_2^- и т. д., причем концентрация $C_2H_5^+$, имеющего довольно низкий потенциал ионизации (8,3 эВ), выше относительно других заряженных частиц.

Таким образом, исходя из распределений активных центров и заряженных частиц, как положительных, так и отрицательных, можно сделать вывод о взаимообусловленности радикальных процессов и ионизации. Возможно, что зарождение заряженных частиц идет через канал сильноэкзотермических реакций рекомбинации и диспропорционирования, когда выделяющаяся энергия расходуется на возбуждение продукта реакции и на его ионизацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фялков Б. С., Осипов Б. С., Абрамович А. А. и др. // Проблемы обеспечения пожарной безопасности объектов народного хозяйства.— М., 1987.
2. Осипов Б. С., Фялков Б. С., Щербаков Н. Д. Пожарное дело, 1987, 5, 24.
3. Островский М. Д., Фялков Б. С. // Тр. Всесоюз. совещ. повышения технического уровня нагревательных устройств в прокатном производстве.— М.: Металлургия, 1987.
4. Ботова В. И. // Тез. докл. научно-практического семинара по электрофизике горения.— Караганда, 1985.
5. Фялков Б. С., Щербаков Н. Д. ЖФХ, 1980, 54, 10, 2655.
6. Манташян А. А., Бейбутиян М. А., Саакян А. С. и др. Докл. АН СССР, 1972, 202, 1, 120.
7. Панфилов В. П. Кинетика и катализ, 1964, 5, 1, 60.
8. Ксандопуло Г. И. Химия пламени.— М.: Химия, 1980.

Поступила в редакцию 7/VIII 1987

УДК 536.468

О МЕТОДЕ УСРЕДНЕНИЯ В РАСЧЕТАХ ЭКЗОТЕРМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ В СИСТЕМЕ ПОРИСТОЕ ТЕЛО — ГАЗ

Л. А. Жукова, С. И. Худяев
(Черноголовка)

В качестве простейшей модели для описания экзотермической реакции в пористой системе с диффузионным подводом газообразного реагента в работе [1] предложена следующая система уравнений баланса тепла и вещества:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \theta}{\partial \tau} &= (1 - \eta) \exp \frac{\theta}{1 + \beta \theta} + \frac{1}{k} \frac{\partial^2 \theta}{\partial \xi^2}, \\ \frac{\partial \eta}{\partial \tau} &= \gamma (1 - \eta) \exp \frac{\theta}{1 + \beta \theta} + \frac{1}{m} \frac{\partial^2 \eta}{\partial \xi^2} \end{aligned} \quad (1)$$