

В заключение подчеркнем, что предложенный здесь метод построения уравнения состояния является, разумеется, не единственно возможным. В рамках полученных экспериментальных данных и по мере проведения новых измерений могут быть предложены другие более аккуратные методы учета взаимодействия непрерывного спектра и, что более существенно, корректные способы описания вклада связанных состояний.

Авторы признательны Е. К. Розанову за активное участие в дискуссиях по работе и помощь в проведении расчетов.

Поступила в редакцию  
8/X 1973

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Ермохин, Б. М. Ковалев и др. ТВТ, 1971, 9, 4, 665.
2. А. А. Бакеев, Р. Е. Ровинский. ТВТ, 1970, 8, 207; 1970, 8, 1121.
3. А. А. Бакеев, Т. П. Нарожняя и др. ТВТ, 1971, 9, 4.
4. П. В. Минаев, В. М. Батенин. ТВТ, 1971, 9, 676.
5. Б. Н. Ломакин, В. Е. Фортов. ЖЭТФ, 1972, 63, 1 (7), 92.
6. Л. В. Альтшулер. УФН, 1965, 85, 197.
7. В. Н. Жарков, В. А. Калинин. Уравнения состояния твердых тел при высоких давлениях и температурах. М., «Наука», 1968.
8. В. Е. Фортов, Б. Н. Ломакин, Ю. Т. Красников. ТВТ, 1971, 9, 5, 869.
9. Б. М. Ковалев, П. П. Кулик, В. А. Рябый. ИФЖ, 1972, 22, 1, 92.

УДК 536.46+537.56+539.124

#### ОБ ИЗМЕРЕНИИ КОНСТАНТ СКОРОСТИ РЕКОМБИНАЦИИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ПЛАМЕНАХ

Г. В. Карачевцев  
(Долгопрудный)

Известно, что во фронте пламени концентрации заряженных частиц могут значительно превышать равновесные [1—3]. В углеводородном пламени наиболее вероятным процессом неравновесной химической ионизации является



Обычно предполагается [1, 2], что реакция (1) существенна только в узкой зоне фронта пламени, а ниже по потоку происходит только рекомбинация заряженных частиц, описываемая уравнением

$$d[\text{CHO}^+]/dt = -k[\text{CHO}^+][e] = -k[\text{CHO}^+]^2. \quad (2)$$

Измеряя концентрацию ионов  $n^+ = [\text{CHO}^+]$  вдоль потока продуктов сгорания, определяют константу скорости рекомбинации  $k$  с помощью соотношения

$$1/n^+ = 1/n_0^+ + k(t - t_0), \quad (3)$$

где  $n_0^+$  — концентрация заряженных частиц в начальный момент времени  $t_0$ .

В работе [2] было обнаружено, что измеренная таким способом константа скорости рекомбинации в ацетиленовом пламени сильно зависит от процентного состава горючей смеси. Этот интересный эффект авторы [2] объяснили образованием отрицательных ионов при составе смеси, отличающемся от стехиометрического. В настоящем сообщении обращается внимание на другое возможное объяснение этого эффекта.

При некотором соотношении горючего и окислителя может оказаться, что в продуктах сгорания на значительном расстоянии от фронта пламени сохраняются существенные неравновесные концентрации радикалов CH и O. Если считать, что концентрации CH и O равны ( $[\text{CH}] = [\text{O}] = N$ ) и реакция (1) является единственным существенным процессом, определяющим зависимость от времени  $N$  после прохождения потоком зоны пламени, то для зависимости от времени концентрации ионов получим уравнение

$$dn^+/dt = -kn^+ + k'N_0^2/[1 + k'N_0(t - t_0)]^2$$

( $N_0$  — концентрация радикалов при  $t=t_0$ ), которое сводится к уравнению Риккати

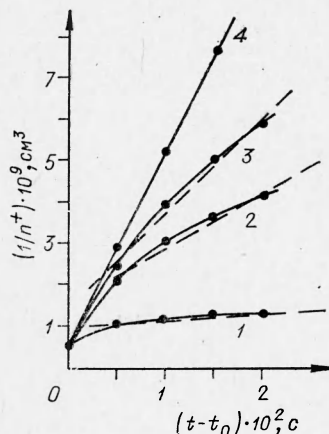
и может быть легко решено. Для случая  $k \gg k'$  это решение:

$$1/n^+ = \sqrt{k/k'} [1/N_0 + k'(t - t_0)] \frac{1 + \sqrt{k/k'} n_0^+ / N_0}{1 - \sqrt{k/k'} n_0^+ / N_0} [1 + k' N_0 (t - t_0)]^{2\sqrt{k/k'}} + 1 \frac{1 + \sqrt{k/k'} n_0^+ / N_0}{1 - \sqrt{k/k'} n_0^+ / N_0} [1 + k' N_0 (t - t_0)]^{2\sqrt{k/k'}} - 1 \quad (4)$$

Для проведения численных оценок будем считать, что  $k = 5 \cdot 10^{-7}$  см<sup>3</sup>/с,  $k' = 10^{-12}$  см<sup>3</sup>/с,  $t_0 = 5 \cdot 10^{-3}$  с,  $n_0^+ = 2 \cdot 10^9$  см<sup>-3</sup>. В этом случае для  $N_0 < 10^{12}$  см<sup>-3</sup> и  $t < 0,1$  с уравнение (4) сводится к виду:

$$1/n^+ = 1/n_0^+ [1 + \sqrt{k k'} N_0 (t - t_0)] + k(t - t_0) / [1 + \sqrt{k k'} N_0 (t - t_0)]. \quad (5)$$

На рисунке приведены зависимости  $1/n^+ = f(t - t_0)$ , построенные по формуле (5) для  $N_0 = 5 \cdot 10^{11}$  (1);  $10^{11}$  (2);  $5 \cdot 10^{10}$  (3) и  $0$  см<sup>-3</sup> (4). Видно, что точки для  $(t - t_0) \geq 5 \cdot 10^{-3}$  с и  $N_0 = 5 \cdot 10^{11}$ ,  $10^{11}$  и  $5 \cdot 10^{10}$  см<sup>-3</sup> с хорошим приближением можно рассматривать как лежащие на штриховых прямых. Поэтому при проведении измерений в этих точках и обработке данных по формуле (3) можно получить эффективный коэффициент рекомбинации, значительно меньший действительного. Например, при  $N_0 = 10^{11}$  см<sup>-3</sup> в рассмотренном случае получаем  $k_{эф} = 10^{-7}$  см<sup>3</sup>/с вместо  $k = 5 \cdot 10^{-7}$  см<sup>3</sup>/с, а при  $N_0 = 5 \cdot 10^{11}$  см<sup>-3</sup> получаем  $k_{эф} = 5 \cdot 10^{-8}$  см<sup>3</sup>/с. Если с помощью, например, масс-спектрометрического зондирования будет установлено, что качественный состав заряженных частиц и их возбуждение не изменяются существенным образом при изменении процентного состава горючей смеси, то по эффективному коэффициенту рекомбинации можно определять концентрацию радикалов. В реальных пламенах могут возникать еще и дополнительные трудности при измерении константы скорости рекомбинации заряженных частиц в связи с тем, что в области за фронтом пламени могут проходить реакции образования радикалов и атомов.



Поступила в редакцию  
13/VIII 1973

#### ЛИТЕРАТУРА

1. I. R. King. In "Ionization in High—Temperature Gases". Ed. K. E. Shuler, Acad. Press, New York—Lond., 1963, p. 197.
2. Н. А. Нестеренко, Э. Н. Таран и др. В сб. «Горение и взрыв». М., «Наука», 1972.
3. Г. В. Карачевцев, В. Л. Тальрозе. В сб. «Горение и взрыв». М., «Наука», 1972.

УДК 621.791.1

#### УСКОРЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛАСТИН ВЗРЫВОМ

Е. И. Биченков, В. А. Лобанов  
(Новосибирск)

Использование энергии взрывчатых веществ для упрочения и сварки металлов [1], получения сильных импульсных магнитных полей [2, 3] и ряда других целей начинается с ускорения металлической пластины зарядом ВВ и использования в дальнейшем ее кинетической энергии. При этом энергетические характеристики ускорения, эффектив-