

где $y_i = \frac{2\lambda}{\kappa} (\psi_B + \psi_i)$. Решение (4) запишем в виде

$$\psi_B + \psi_i = \frac{-(\psi_B + \psi_\Delta) \left(1 + \frac{4\lambda}{\kappa} \psi_B\right)}{\frac{3\lambda}{\kappa} (\psi_B + \psi_\Delta) + 1 + \sqrt{\left[\frac{3\lambda}{\kappa} (\psi_B + \psi_\Delta) + 1\right]^2 + \frac{2\lambda}{\kappa} (\psi_B + \psi_\Delta) \left(1 + \frac{4\lambda}{\kappa} \psi_B\right)}} \quad (5)$$

Из (5) следует, что $\psi_i > 0$ возможно лишь при $\lambda < 0$, т. е. только для зерен депрессивной формы (цилиндр, лента, шар). В частности, при $\lambda = 0$ (длинная трубка) $\psi_B + \psi_i < 0$, т. е. даже для не очень длинных трубок (λ мало) точки перегиба на кривой $p(t)$ не должно быть.

Для цилиндра при $l_1/c = 0$ $\kappa = 2$, $\lambda = -1/2$ (λ_1 — половина наименьшего размера зерна, c — половина длины зерна). Полагая $\alpha = 1/\delta$ и $\psi_B = 0$, получим [5]

$$\psi_i = 2/3 \approx p_i/p_{\max}$$

Уравнение (5) в каждом конкретном случае позволяет определить величину ψ_i , а следовательно, p_i и l_i . Однако практический интерес представляет использование (5) при решении обратной задачи, когда по известному опытному значению p_i (следовательно, ψ_i) необходимо определить величину λ (при условии $1 = \kappa + \kappa\lambda$), характеризующую среднюю прогрессивность зерен данного пороха.

Поступила в редакцию
14/1 1981

ЛИТЕРАТУРА

1. И. П. Граве. Опыт теоретического исследования закона развития давлений при горении пороха в неизменяемом пространстве (диссертация). Спб., 1904.
2. Н. Ф. Дроздов. Решение задач внутренней баллистики (диссертация). Спб., 1910.
3. P. Garbani. Balistique Interieure. Paris, 1908.
4. М. Е. Серебряков. Введение в изучение физического закона горения (диссертация). Л., 1929.
5. И. П. Граве. Пиростатика. М., 1938.
6. Сюго. Внутренняя баллистика. Л., 1929.
7. М. Е. Серебряков. Физический закон горения во внутренней баллистике (диссертация). М., 1940.
8. Г. В. Оппоков. Основные проблемы внутренней баллистики. М.: Оборонгиз, 1940.
9. М. Е. Серебряков. Внутренняя баллистика. М.: Оборонгиз, 1938; 1949; 1962.
10. К. В. Волков, В. А. Сибилев. ФГВ, 1980, 16, 4.

ИОНИЗАЦИЯ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ГРАФИТА С ДОБАВКАМИ ЛЕГКОИОНИЗИРУЕМЫХ ПРИМЕСЕЙ

Б. С. Фиалков, А. Г. Захаров, А. Ю. Мельничук, Л. А. Хван
(Караганда)

Впервые обнаруженное в работах [1, 2] явление специфической электризации твердого топлива объяснялось ионизационными процессами, протекающими при его окислении и горении. В то же время исследования проводимости продуктов сгорания метано-кислородных смесей [3] показали ее обусловленность термоионизацией легкоионизируемых компонентов пламени.

Для решения вопроса о механизме ионообразования при горении твердых топлив была проделана данная работа, методика которой базировалась на следующих соображениях. Если ионизация носит термический характер, то увеличение содержания в сжигаемой смеси легкоионизируемых солей или окислов щелочноземельных металлов (NaCl, MgO) должно привести к увеличению регистрируемого тока. В противном случае, т. е. если генерация заряженных частиц происходит в ходе химических реакций, протекающих при окислении и горении горючего, его

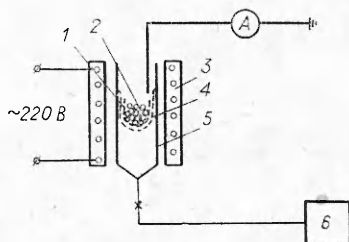


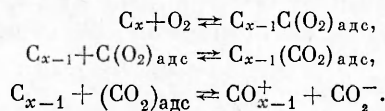
Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

уменьшение в смеси приведет к соответствующему уменьшению потока ионов с ее поверхности.

Экспериментальная установка (рис. 1) состояла из электрической печи (3) с помещенным в ней массивным металлическим реактором (5), обеспечивающим равномерность температурного поля в реакционном объеме. По центру реактора, где отсутствует продольный и радиальный градиенты температур, располагался керамический тигель диаметром 50 мм (4) с дном с отверстиями. Тигель плотно подгонялся к стенкам реактора так, что весь газовый поток, подаваемый от микрокомпрессора (6), проходил через смесь графита с NaCl или MgO (2), лежащую на металлической сетке (1). Эта сетка соединялась нихромовым проводом с одной из выходных клемм амперметра И-37, вторая клемма которого заземлялась. Измерение тока в цепи смесь — земля базировалось на следующих соображениях. Если при повышении температуры от 25 до 1000°C со скоростью порядка 15 град/мин с поверхности горючего начнется генерация заряженных частиц, то они будут сноситься потоком воздуха, а образовавшийся в результате избыточный заряд на смеси приведет к появлению тока в цепи смесь — земля, который будет существовать до тех пор, пока не выравняются их потенциалы.

Полученные результаты свидетельствуют в пользу гипотезы о химическом характере ионизации, поскольку с ростом содержания легкоионизируемой добавки в смеси r количество зарядов, образовавшихся на ее поверхности, уменьшается по зависимости, близкой к линейной (рис. 2, 1, 2). В пользу этого предположения свидетельствует и изменение температуры начала активной генерации заряженных частиц с поверхности смеси (см. рис. 2, 3), которая в нашем случае соответствует воспламенению топлива [2].

Если допустить, что ионы движутся со скоростью газового потока, то можно рассчитать их количество в единице объема: $n \approx j/ev$. Подстановка $j = 10^{-4}$ А/см², $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $v \approx 50$ см/с приводит к $n \approx 10^{13}$ см⁻³, что при общем количестве молекул в единице объема порядка 10^{18} см⁻³ дает степень ионизации, равную 10^{-5} . Последняя величина превосходит максимальную степень ионизации, имеющую место в газовых пламенах ($\alpha = 10^{-6}$ [4]). Этот факт, по нашему мнению, обусловлен тем, что при горении твердых топлив существуют дополнительные возможности для образования заряженных частиц, когда ионизация происходит при взаимодействии нейтральных молекул с поверхностью твердого топлива. Образование ионов в подобных случаях может происходить по следующей схеме:



Ее правдоподобность подтверждается значительной энергией сродства двуокиси углерода к кислороду, которая может достигать 3,8 эВ [5].

Поступила в редакцию
14/VII 1980

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. С. Филалков, А. Г. Захаров, В. Т. Плицын. Специфическая электризация твердого топлива в процессе воспламенения и горения. № 301—77 Деп. в ВИНТИ от 25/I 1977.
2. Б. С. Филалков, А. Г. Захаров, В. Т. Плицын. Химия твердого топлива, 1979, № 2.

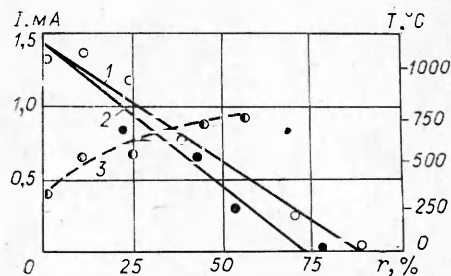


Рис. 2. Зависимость максимальной величины тока с поверхности частиц нагреваемой смеси от содержания в ней MgO (1) и NaCl (2) и изменение температуры воспламенения смеси в зависимости от содержания в ней легкоионизируемой примеси (3).

3. Э. П. Зимин, В. А. Попов. ЖТФ, 1962, 9.
4. Е. М. Степанов, Б. Г. Дьячков. Ионизация в пламени и электрическое поле. М.: Металлургия, 1968.
5. Таблицы физических величин. Справочник/Под ред. И. А. Кикоина. М.: Атомиздат, 1976.

О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ И ГОРЕНИЯ В БЫСТРОХОДНОМ ДИЗЕЛЕ

И. В. Болдырев
(Москва)

Дизели — самые экономичные и «токсически чистые» из современных тепловых двигателей. Они получают все большее распространение в народном хозяйстве, вследствие чего разработка соответствующей количественной теории горения, которая будет способствовать целенаправленному улучшению их характеристик, является настоятельной необходимостью. Между тем процесс горения рабочей смеси в дизелях, особенно в широко используемых быстроходных транспортных дизелях, по-видимому, относится к одному из наименее разработанных разделов теории горения. Дело в том, что необходимые для построения модели сгорания неравномерной топливно-воздушной смеси ее локальные параметры в дизеле, где они существенно нестационарны, определить значительно трудней, чем в газотурбинном двигателе, где их можно рассматривать в квазистационарном приближении. Локальный состав рабочей смеси в дизельном топливном факеле изменяется в ходе процессов смесеобразования и сгорания, с одной стороны, вследствие подачи топлива и вызываемого распространением факела перераспределением концентраций топлива, а с другой, в связи с изменением плотности воздушного заряда при движении поршня.

Результаты исследований упомянутых сложных процессов пока еще не доступны для повседневного практического использования. Распространенное в настоящее время построение сложных, адекватных оригиналу, моделей процессов смесеобразования и горения в дизеле [1—3], хотя и должно повысить предсказательную силу таких моделей, однако делает их трудно обозримыми, лишенными «прозрачности». Поэтому в ряде случаев некоторые принципиальные связи, управляющие процессами смесеобразования и горения, лучше просматриваются с помощью упрощенных моделей.

В этой связи полезную для построения приближенной модели процессов смесеобразования и горения в дизеле информацию можно получить, если воспользоваться самыми общими представлениями о структуре нестационарных топливных факелов, что и предпринято ниже. Для анализа таких процессов выбрана осесимметричная модель вытекающего из форсунки в камеру сгорания топливного факела с линеаризованным вдоль его оси z и радиусов r мгновенным полем величин концентрации жидкой фазы топлива $c_{ж}$ (рис. 1). Принятая модель допускает простое аналитическое выражение и в безразмерном виде позволяет описать однопараметрической функцией относительной концентрации топлива от безразмерных координат все возможные типы распределения топлива в факеле ($m = \text{var}$):

$$c_{ж} = \frac{c_{ж}}{c_{ж0}} = \frac{12}{4 + 3m} [1 - (1 - m)Z] \left(1 - \frac{R}{Z}\right), \quad (1)$$

где $m = \frac{c'_{0}}{c''_{0}}$ — параметр формы поля; $Z = z/z_0$, $R = r/r_0$ — безразмерные координаты факела; $c_{ж}$, $C_{ж}$, c'_{0} , c''_{0} — концентрации топлива: текущая, средняя, в корне ($Z = 0$, $R = 0$), во фронте ($Z = 1$, $R = 1$).

Из уравнения (1) можно определить выражение для поверхностей с одинаковой концентрацией топлива или, что удобней для последующего анализа, с одинаковыми величинами коэффициента избытка воздуха $\alpha_{ж} = c_{в}/(L_0 c_{ж})$, где $c_{в}$ — мгновенная концентрация воздуха, L_0 — стехиометрический коэффициент. Вычисляя затем с помощью уравнения для объема тела вращения содержащиеся между этими поверхностями массы топлива и суммируя их, получим описание структуры факела в виде функции распределения массы топлива в факеле $v_{ж}$ по величинам коэффициента избытка воздуха $v_{ж}(\alpha_{ж})$ или в относительном виде $V_{ж}(A_{ж})$, где $V_{ж} = v_{ж}/v_{ж0}$, $A_{ж} = 1/C_{ж}$, $v_{ж0}$ — приходящаяся на один факел цикловая подача топлива.