

О ЧАСТОТЕ КОЛЕБАНИЙ ФРОНТА ПЛАМЕНИ В ТУРБУЛЕНТНОМ ПОТОКЕ

В. К. Баев, Ю. В. Серов, П. К. Третьяков

(Новосибирск)

Механизм распространения пламени в турбулентном потоке изучался многими исследователями. Целью настоящей работы было определение зависимости частоты колебаний турбулентного фронта пламени от параметров истечения и физико-химических характеристик горючей смеси.

Принципиальная схема установки представлена на рис. 1. Камера сгорания — это плоский канал сечением 40×62 мм и длиной 750 мм, одна стенка которой была выполнена из набора кварцевых стекол. Устье струи образовывалось двумя уступами, поперечное сечение которых — четверть круга. Отношение площади устья струи к площади поперечного сечения камеры менялось от 0,2 до 0,6. Топливо-воздушная смесь готовилась заранее в смесителе. В качестве топлива использовался технический пропан-бутан. Для выравнивания поля скоростей в форкамере устанавливался ханнейкомб, состоящий из набора трубок длиной 100 и диаметром 3 мм. Сетки, обозначенные на схеме, препятствовали проскоку пламени в форкамеру. Эксперименты проводились при атмосферном давлении и комнатной температуре смеси. Принципиальная схема измерений показана на рис. 2. На внешнюю сторону барабана фоторегистра укладывалась высокочувствительная пленка (1200 ед. ГОСТа). На кварцевые стекла накладывался экран с прорезанной на нем щелью, которая проецировалась через объектив «Таир-11» на пленку. Скорость вращения барабана и ширина щели выбирались так, чтобы на фоторегистрограмме получалась четкая картина развертки пульсаций. Ширина щели в экспериментах менялась от 1 до 2 мм, а сама щель располагалась в основном на высоте 18 мм от устья струи. На рис. 3 приведены мгновенные (выдержка 1/1000 сек, фотоаппарат «Киев-10») и осредненная (выдержка 1/125 сек) фотографии пламени и типичная фоторегистрограмма.

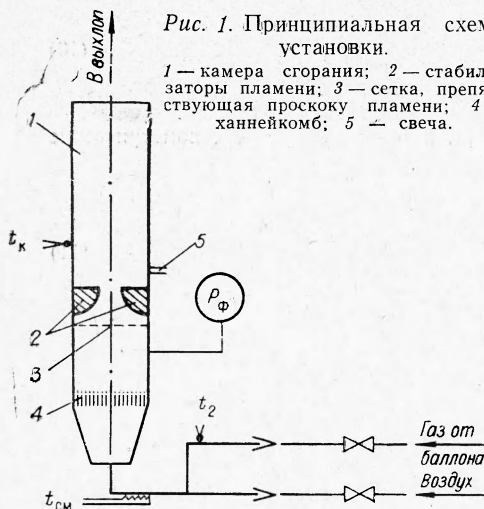


Рис. 1. Принципиальная схема установки.

1 — камера сгорания; 2 — стабилизаторы пламени; 3 — сетка, препятствующая проскоку пламени; 4 — ханнейкомб; 5 — свеча.

получалась четкая картина развертки пульсаций. Ширина щели в экспериментах менялась от 1 до 2 мм, а сама щель располагалась в основном на высоте 18 мм от устья струи. На рис. 3 приведены мгновенные (выдержка 1/1000 сек, фотоаппарат «Киев-10») и осредненная (выдержка 1/125 сек) фотографии пламени и типичная фоторегистрограмма.

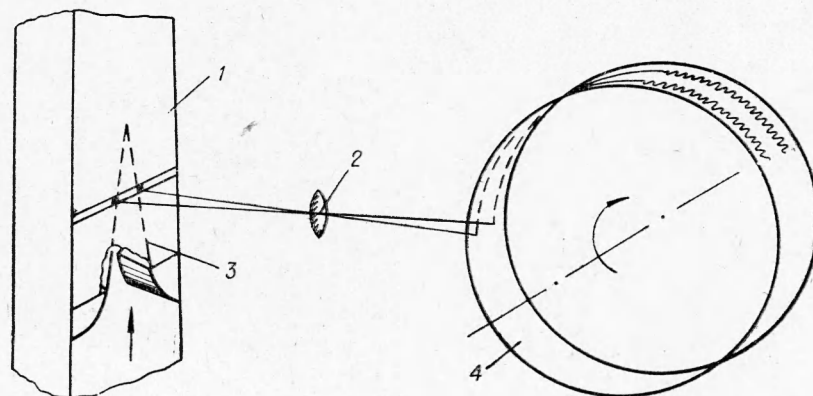


Рис. 2. Принципиальная схема измерений.

1 — экран со щелью; 2 — объектив; 3 — фронт пламени; 4 — барабан фоторегистра.

Фоторегистрограмма свидетельствует о том, что толщина колеблющегося фронта пламени существенно меньше амплитуды колебаний, так как в противном случае не было бы четкой линии, а были бы темная и светлая области. Следует отметить тот факт, что колебания фронта пламени относительно оси камеры носят симметричный характер.

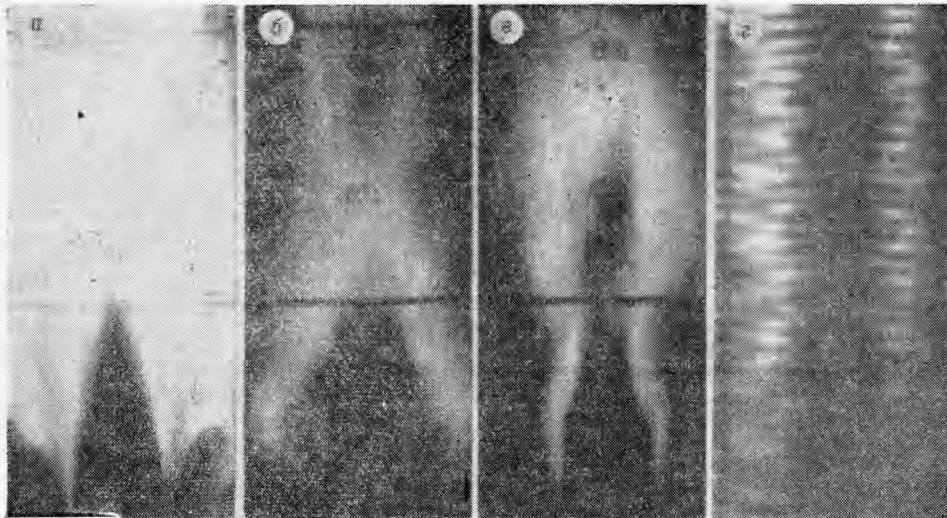


Рис. 3. Фотографии пламени (а — 1/125 сек; б, в — 1/1000 сек) и фоторегистрограмма (z).

Если известен период вращения барабана (T), его диаметр (D) и число всплесков (n) на какой-то длине пленки (l), то средняя частота может быть вычислена по формуле

$$f = \frac{2\pi D n}{l T} \frac{1}{\text{сек}}$$

Как показали эксперименты, частота менялась от 70 до 400 гц (скорость в устье струи варьировалась от 5 до 40 м/сек, а коэффициент избытка воздуха α от 0,7 до 1,3). При обработке экспериментальных данных было замечено, что частота, рассчитанная по формуле

$$f = \frac{1}{\sqrt{\Theta}} \sqrt{\frac{u_0}{d \cdot \tau_r}} \quad (1)$$

хорошо совпадает с измеренной.

Здесь u_0 — скорость истечения из устья; d — поперечный размер устья струи; τ_r — характерное время горения, которое зависит от состава смеси и бралось из [1]; Θ — степень подогрева, отношение температуры продуктов горения к начальной температуре смеси. Расчет температуры продуктов горения проводился без учета диссоциации по методике, изложенной в [2].

На рис. 4 приведено сопоставление расчета по (1) с экспериментом. Следует заметить, что полученная формула для частоты колебаний верна до тех пор, пока длина пламени по передней границе (по оси факела) не выходит за пределы длины ядра струи (т. е. $\bar{l} < \bar{x}_я \sqrt{\Theta}$).

Полученное выражение (1) может

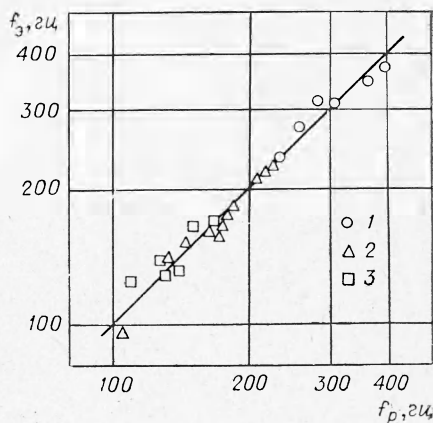


Рис. 4. Сопоставление экспериментально найденной частоты с расчетом

по формуле $f = \frac{1}{\sqrt{\Theta}} \sqrt{\frac{u_0}{d T_r}}$

1 — $d=12$ мм, $u_0=9 \div 40$ м/сек, $\alpha=0,7 \div 1,0$;
 2 — $d=24$ мм, $u_0=6 \div 30$ м/сек, $\alpha=0,7 \div 1,3$;
 3 — $d=37$ мм, $u_0=5 \div 16$ м/сек, $\alpha=0,7 \div 1,0$.

быть использовано для нахождения характерных времен горения топливо-воздушных смесей по измерению частоты колебаний фронта пламени и скорости потока. Методика измерения частоты отличается большой простотой и высокой точностью.

Поступила в редакцию
28/II 1969

ЛИТЕРАТУРА

1. В. К. Баев, П. К. Третьяков. ФГВ, 1968, 4, 3.
2. Н. Ф. Дубовкин. Справочник по углеводородным топливам и их продуктам сгорания. ГЭИ, 1962.

УДК 662.222.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО РАСПАДА СМЕСЕВОГО ТВЕРДОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ПЕРХЛОРАТА АММОНИЯ И ПОЛИСТИРОЛА С ПОМОЩЬЮ ВРЕМЯ-ПРОЛЕТНОГО МАСС-СПЕКТРОМЕТРА

О. П. Коробейников, Ю. Я. Карпенко, В. В. Болдырев
(Новосибирск)

Несмотря на большое количество работ, посвященных изучению горения перхлората аммония и смесевых топлив на его основе, в настоящее время не существует единого мнения по механизму горения. Так, в работе [1] содержатся указания на то, что скорость горения перхлората аммония определяется реакциями в конденсированной и дымогазовой фазах. В работе [2] делаются выводы о взаимодействии окислителя и связки в конденсированной фазе. В [3] постулируется, что в условиях горения смесевых твердых топлив окислитель и связка сублимируют независимо друг от друга, а взаимодействие между продуктами их диссоциации протекает в газовой фазе. Достаточно полно эти вопросы освещены в [4]. Большую помощь в выборе той или иной модели горения должны оказывать исследования кинетики и механизма распада топлива и отдельных его компонентов в области высоких температур, близких к температуре на поверхности горящего топлива. К таким исследованиям следует отнести исследования по линейному пиролизу и задержке вспышки.

Значительно меньше работ [5] имеется по масс-спектрометрическому изучению высокотемпературного распада смесевых твердых топлив.

В настоящей работе приводятся результаты исследования кинетики и механизма высокотемпературного распада модельного смесевого состава на основе перхлората аммония и полистирола.

Методика эксперимента

Состав продуктов распада и скорость их образования изучались с помощью описанной ранее [6, 7, 8] методики, включающей в себя импульсный нагрев малой навески и регистрацию продуктов распада с помощью время-пролетного масс-спектрометра. Навеска располагалась в ионном источнике на расстоянии 3 мм от пространства ионизации. Благодаря тому, что скорость откачки ионного источника была значительно выше скорости реакции, скорость образования любого компонента в результате реакции пропорциональна его давлению в пространстве ионизации, которое пропорционально интенсивности соответствующего пика в масс-спектре. Используемый смесевой состав готовился следующим образом. Перхлорат аммония растворялся в спирте, а полистирол — в толуоле. Затем оба раствора смешивались и смесь энергично встряхивалась до образования суспензии (20% полистирола и 80% перхлората аммония). Капля суспензии наносилась на титановую ленту, служившую нагревателем. При испарении капли образовалась тонкая пленка (толщиной не больше 10 мк) смесевого состава. Проводились такие опыты с пленкой, состоящей из нескольких слоев окислителя и связки. Температуру ленты измеряли термопарой манганин — константан диаметром 50 м (использовались также ленточные термопары толщиной 5 м). Масс-спектр фотографировался с экрана осциллографа киноаппаратом «Конвас».