

УДК 534.21

Л.С.Козлова (5 курс, каф. КТиЭТ), В.Б.Штейнберг, к.т.н. доц.

НИЗКОЧАСТОТНОЕ САМОВОЗБУЖДЕНИЕ ПЛАМЕНИ БУНЗЕНА

Известно самовозбуждение пламени Бунзена [1] с частотами 100...150 Гц при горении метано-воздушной смеси в закрытой камере на конце горелочной трубки диаметром 6 мм, расположенной коаксиально в трубе подачи вторичного воздуха. Автоколебания наблюдались при достаточно большом сопротивлении на входе в горелочную трубку, уменьшались по амплитуде и прекращались по мере уменьшения этого сопротивления. При дальнейшем уменьшении сопротивления до некоторого предела пламя гасло. В дальнейшем стало ясно, что причина этого – самовозбуждение системы с более низкой частотой 20...45 Гц и нарастание амплитуды до срыва горения.

Для анализа этого явления примем, что приращения объема продуктов сгорания линейно зависят от возмущений подачи горючей смеси $F_1 \tilde{u}_1$ и вторичного воздуха $F_2 \tilde{u}_2$ [2]

$$F_2 \tilde{u}_2 - F_1 \tilde{u}_1 = A_v F_1 \tilde{u}_1 + A_r F_1 \tilde{u}_1.$$

Переходя к проводимостям $Y = \frac{\tilde{u}}{\tilde{p}}$, получим:

$$F_2 Y_2 = (1 + A_v) F_1 Y_1 + A_r F_1 Y_1. \quad (1)$$

Имеется программа расчета комплексных проводимостей каналов в предположении, что они составлены из сопрягающихся участков с одномерными стоячими волнами с учетом диссипативных эффектов [3]. В частности, проводимость камеры сгорания, как закрытого объема, является чисто мнимой (емкостной) $F_2 Y_2 = \frac{i\omega V_k}{\chi R}$.

Наша цель – найти из экспериментальной границы возбуждения коэффициенты A_v и A_r – комплексные передаточные функции пламени, выражающие обобщенные свойства переходных процессов в зоне горения, зависящие помимо стационарных условий (геометрические параметры и расходы) от частоты колебаний.

С этой целью предлагается сопоставить два опыта с одной частотой и одинаковыми величинами $F_1 Y_1$, A_v и A_r , но с разными значениями $F_2 Y_2$ и $F_r Y_r$. Тогда:

$$A_r = \frac{\Delta(F_2 Y_2)}{\Delta(F_r Y_r)}, \quad 1 + A_v = \frac{F_2 Y_2 - A_r F_r Y_r}{F_1 Y_1}.$$

Мы провели две серии опытов для двух разных объемов камеры сгорания и нескольких длин газового канала L_r , каждый раз при установившемся режиме горения уменьшая сопротивление в линии подачи горючей смеси до появления самопроизвольных колебаний. При этом фиксировалось предельное значение перепада давления на сопротивлении, а также частота колебаний f в начальной стадии их развития по анализу осциллограммы, записанной на электронном осциллографе С8-13 с памятью. Далее с кривых $f(L_r)$ снимались значения L_2 , соответствовавшие некоторым фиксированным значениям частоты, а для этих значений L_2 по кривым $\Delta p(L_r)$ находились соответственные статические перепады давления.

Свойства используемого гидравлического сопротивления были исследованы заранее и по величине статического перепада давления при заданном расходе и известной частоте можно было указать вещественную и мнимую составляющие его акустического сопротивления и затем вычислить комплексную величину $F_r Y_r$.

В табл. 1 представлены полученные значения передаточных функций для трех выбранных частот. Расход горючей смеси 17.5 мл/с, коэффициент избытка воздуха $\alpha = 0.76$. Эти результаты удовлетворительно согласуются с данными, полученными методом вынужденных колебаний.

Таблица 1

	$f, \text{Гц}$		
	28	32	36
A_r	6.7 - 4.7 i	5.9 - 5.0 i	4.6 - 5.0 i
$1+A_v$	1.3 - 0.3 i	1.4 - 0.4 i	1.0 - 0.6 i

В табл. 2 представлены значения компонентов соотношения (1) для двух значений объема камеры сгорания для частоты 36 Гц. При этом за единицу измерения проводимости FY принято абсолютное значение проводимости объема 1мл.

Таблица 2

F_2Y_2	$F_1Y_1(1+A_v)$	$F_rY_rA_r$
173 i	-38 - 80 i	38 + 253 i
386i	- 38 - 80 i	38 + 466 i

Видно, что эффект возбуждения связан с возмущениями подачи горючей смеси, т.к. соответствующая этому компонента имеет положительную вещественную часть, тогда как возмущения вторичного воздуха приводят к демпфированию колебаний, что в совокупности обеспечивает границу самовозбуждения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Корнеева Н.В., Штейнберг В.Б. Самовозбуждение пламени Бунзена и его анализ. // Материалы межвузовской науч. конф. «XXX Неделя науки СПбГТУ», 26 ноября - 1 декабря 2001, СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2002.
2. Кнорре Г.Ф. и др. Теория топочных процессов. М.: Энергия, 1966.
3. Сафарова С.М., Штейнберг В.Б. Расчет и оптимизация акустической проводимости системы исследования вибрационного горения. // Материалы межвузовской науч. конф. «XXIX Неделя науки СПбГТУ», 27 ноября - 2 декабря 2000, СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001.