

УДК 534.21

**Н.В.Корнеева (6 курс, каф. Компьютерных технологий и эксперимента в теплофизике), В.Б.Штейнберг, к.т.н., доц.**

### САМОВОЗБУЖДЕНИЕ ПЛАМЕНИ БУНЗЕНА И ЕГО АНАЛИЗ

Нами наблюдалось самовозбуждение акустических колебаний с частотой 110...150 Гц при горении метано-воздушной смеси на выходе из прямой трубы (пламя Бунзена). В литературе сведения о таком примере вибрационного горения весьма ограничены.

Горючая смесь подавалась через большой объем, значительное гидравлическое сопротивление, и, далее по трубке диаметром 6 мм и длиной 640 мм. Эта горелочная трубка расположена коаксиально в трубе большего диаметра 15 мм, по которой подается вторичный воздух через промежуточную емкость, объем которой  $V_0$  можно изменять контролируемым приливанием воды.

Горение происходило в закрытой камере с отсосом продуктов сгорания в верхней части. Объем камеры  $V_K$  также можно изменять добавлением воды в нижнюю часть.

Самовозбуждение наблюдалось, если  $V_K$  не превышало некоторого значения (200 мл), а при уменьшении  $V_K$  диапазон значений  $V_0$ , соответствующий возбуждению, расширялся. При этом с увеличением  $V_0$  частота автоколебаний уменьшалась, а амплитуда возмущений давления (скорости поступления смеси) проходила через максимум.

Для объяснения этого явления можно принять, что условия возбуждения имеет вид [1]:

$$F_2 \overline{Y_2} - F_1 \overline{Y_1} = A_r F_r \overline{Y_r}, \quad (1)$$

где слева стоит разность акустических проводимостей камеры сгорания и воздушного тракта, т.е. совокупная проводимость акустической системы помимо горелочной трубки с пламенем.

Проводимость  $F_2 \overline{Y_2} = \frac{i \cdot \omega \cdot V_K}{c}$ , является мнимой величиной с положительной мнимой частью, возрастающей пропорционально частоте.

Годограф проводимости  $F_1 \overline{Y_1}$  близок к окружности симметричной относительно вещественной оси в левой полуплоскости. В интересующем нас диапазоне параметров мнимая часть  $F_1 \overline{Y_1}$  положительна и убывает с ростом  $\omega$  и  $V_0$ . При этом годограф приближается слева к мнимой оси [2].

При частоте возникающих автоколебаний величины  $F_1 \overline{Y_1}$  и  $F_2 \overline{Y_2}$  оказываются близкими, что соответствует резонансу акустической системы. Некоторое неравенство их мнимых частей обеспечивает угол фазового сдвига тепловыделения по отношению к давлению. Величина этого фазового сдвига определяется совокупным влиянием запаздывания горения по отношению к скорости подачи горючей смеси (аргумент  $A_r$ ) и скорости подачи горючей смеси по отношению к давлению (аргумент  $F_r \overline{Y_r}$ , превышающий  $\pi/2$  за счет диссипативных эффектов в газовой линии).

Свойства газовой линии чувствительны к изменениям частоты, поскольку и она находится в условиях, близких к резонансу, когда длина трубки близка к четверти длины волны. Если при этом правая часть (1) оказывается больше левой, происходит рост амплитуды с одновременным уменьшением величины  $A_r$  до удовлетворения соотношения (1).

Уменьшение  $V_0$  смещает точку  $F_1\bar{Y}_1$  вверх, что требует соответствующего роста  $F_2\bar{Y}_2$  за счет увеличения частоты  $\omega$ . Одновременно с этим увеличивается вещественная часть разности  $F_2\bar{Y}_2 - F_1\bar{Y}_1$ , что снижает эффект возбуждения и в конечном счете приводит к его отсутствию. Граница возбуждения при увеличении  $V_0$  связана с постепенным уменьшением частоты и выходом из области самовозбуждения по причине неблагоприятного фазового сдвига.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Кнорре Г.Ф. и др. Теория топочных процессов. М.: Энергия, 1966.
2. Сафарова С.М., Штейнберг В.Б. Расчет и оптимизация акустической проводимости системы исследования вибрационного горения // Материалы межвузовской науч. конф. «XXIX Неделя науки СПбГТУ», 22 ноября – 7 декабря 2000, СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001.