

ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРИТИЧЕСКОГО СЕЧЕНИЯ ВОЛНЫ ГОРЕНИЯ ОТ СООТНОШЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ

Королев Д. В., Суворов К. А., Климентьева Ю. И.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет), Санкт-Петербург

В рамках энтальпийного подхода к теории горения [1] по зависимости скорости горения от начальной температуры можно определить тепловой поток q_m , энтальпию h_m и температуру T^* критического сечения волны горения

$$u\rho = \frac{q_m}{h_m - h(T_n)}, \quad (1)$$

$$(u\rho)^{-1} = \frac{h_m}{q_m} - \frac{1}{q_m} \cdot h(T_n). \quad (2)$$

Численное значение $h(T)$ вычислялось по уравнению:

$$h_m = \int_{293}^T \{ \alpha_z C_p^z(T) + [1 - \alpha_z] C_p^o(T) \} dT, \quad (3)$$

где h_m — значение энтальпии смеси в критическом сечении волны горения;

α_z — массовое содержание горючего в смеси;

C_p — теплоемкость горючего (индекс z) и окислителя (индекс o).

На рис. 1 и 2 схематически показаны зависимости $T(x)$ и $h[T(x)]$ в волне стационарного горения. Энтальпия слоя горючей системы достигает максимального значения h_m при температуре T_m . При дальнейшем продвижении вверх по кривой $T(x)$ тепловыделение от протекания химических реакций в слое за фиксированное время t^* начинает преобладать над затратами тепла на нагрев реагента и продуктов реакции. В результате этого зависимость $h(T)$ проходит через нулевое значение при $T=T_s$, затем становится отрицательной, проходя через минимальное значение h_{\min} , соответствующее максимуму тепловыделения при температуре T_h и в пределе при $\eta \rightarrow 1$ становится равной нулю при максимальной температуре горения T_r .

Таким образом, в волне стационарного горения можно выделить пять характерных температур: начальную T_n , максимума теплопоглощения T_m , адиабатического сечения волны горения T_s , максимума тепловыделения T_h и максимальную температуру горения T_r . Изменение начальной температуры T_n приводит к соответствующему изменению температур T_s и T_r , температуры T_m и T_h при этом остаются неизменными.

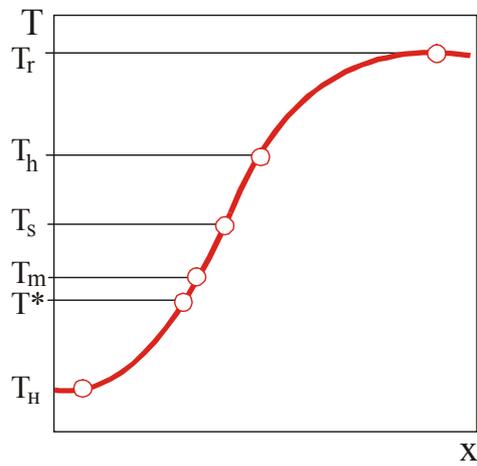


Рис. 1. К определению температур в волне горения

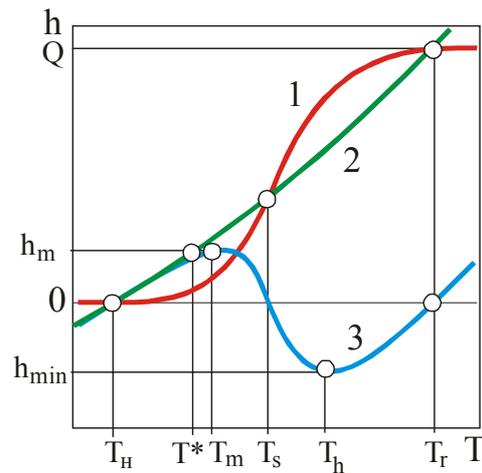


Рис. 2. Схематическая зависимость энтальпии реакционно-способной системы от температуры: 1 — тепловыделение от протекания химических реакций ($h_{\text{ХИМ}}$); 2 — энтальпия инертной системы; 3 — энтальпии реакционно-способной системы

$$h = h_{\text{ИН}} - h_{\text{ХИМ}}$$

Цель работы — определение зависимости теплофизических параметров критического сечения волны горения от соотношения компонентов на примере смеси алюминия с нитратом бария.

Ранее уже проводились исследования по определению зависимости указанных параметров от соотношения компонентов /2/ на примере системы С – KNO_3 .

Определено влияние соотношения компонентов на скорость горения при различной температуре. Диаметр заряда составлял 15 мм, оболочка бумажная, средний размер частиц $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ — 25 мкм, дисперсность алюминия — 15 мкм (АСД-3). Исходные данные по скорости горения смесей приведены в таблице 1, результаты расчетов в таблице 2.

Влияние температуры и соотношения компонентов на скорость горения смесей алюминия с нитратом бария.

Содержание компонентов, %		КБ	К _у	Скорость горения (мм/с) при температуре, К		
Al	Ba(NO ₃) ₂ “мелкий”			293	457	506
29,2	70,8	0	0,826	0,60	1,12	1,39
37,1	62,9	-10	0,817	1,80	2,07	2,03
45,1	54,9	-20	0,807	1,74	2,20	2,49
52,9	47,1	-30	0,801	2,01	2,56	3,05

Таблица 2

Влияние соотношения компонентов на теплофизические параметры волны горения смесей алюминия с нитратом бария

%Al	%Ba(NO ₃) ₂	КБ	К _у	q_{m^*} кВт/м ²	h_{m^*} кДж/кг	T*, К
29,2	70,8	0	0,826	1722	685	1030
37,1	62,9	-10	0,817	6221	1391	1636
45,1	54,9	-20	0,807	2422	581	929
52,9	47,1	-30	0,801	2537	540	872

Максимальное значение теплового потока, энтальпии и температуры в критическом сечении волны горения наблюдается при значении кислородного баланса –10. Это соотношение соответствует максимуму скорости горения для данной системы. Полученные данные могут быть использованы для прогнозирования характеристик горения.

1. Теплофизические свойства компонентов горючих систем/Ю. Е. Шелудяк, Л. Я. Кашпоров, Л. А. Малинин, В. Н. Цалков. — М.: НПО «Информ ТЭИ», 1992. — 184 с.

2. Баринов А. В. Влияние начальной температуры и дисперсности компонентов на зависимость скорости горения конденсированных смесей от соотношения компонентов// Материалы I Всероссийской конференции «Современные проблемы пиротехники» — М., ЦЭИ «Химмаш», 2001. — С. 94—95.