

О РЕЗОНАНСНОМ ЭФФЕКТЕ ПРИ ГОРЕНИИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ

А. А. Бараноз, Г. Г. Шелухин

В настоящее время считается установленным, что при наложении на процесс горения конденсированной системы (КС) внешнего возмущения скорость горения релаксирует к своему новому стационарному значению колебательным образом [1]. Анализ перестройки скорости горения в переходном периоде, а также выявление частоты собственных колебаний процесса горения приводит к выводу о возможности воздействия на КС внешним возмущением, имеющим тот же закон изменения, что и скорость горения, с целью получения резонансного режима.

В данной статье описано экспериментальное исследование горения КС в резонансных условиях. Внешнее воздействие осуществлялось путем наложения на КС продольного электрического поля (ЭП), частотой которого легко варьировать. Опыты проводились на смеси (75% перхлората аммония и 25% полиуретанового каучука) при атмосферном давлении.

Получены следующие результаты.

1. Отмечено уменьшение скорости горения КС независимо от направления ЭП. Наибольшее уменьшение (на 30%) достигнуто при $\varphi/h = 1,25$ кВ/см (φ — разность потенциалов на электродах, h — расстояние между ними).

2. Показано, что ЭП существенно изменяет тепловую картину в пламени; градиент температуры в газовой фазе падает почти вдвое.

3. Зафиксирован колебательный переходный режим от невозмущенного горения к установившемуся (под действием ЭП) с частотой $\omega = 1,3 \div 1,5$ Гц.

Горение КС в резонансном режиме исследовалось на экспериментальной установке (ее принципиальная схема аналогична описанной, например, в работе [2]). Образец КС поперечным сечением 5×20 мм² был помещен между двумя электродами, которые располагались параллельно поверхности горения и не имели электрического контакта с образцом. Размеры и форма электродов предусматривали создание в области горения однородного ЭП. Расстояние между электродами 100 мм, напряжение 12 кВ. На электроды подавалось пульсирующее напряжение в виде прямоугольных импульсов. Их амплитуда была равна напряжению постоянного ЭП, при котором получено наибольшее уменьшение скорости горения.

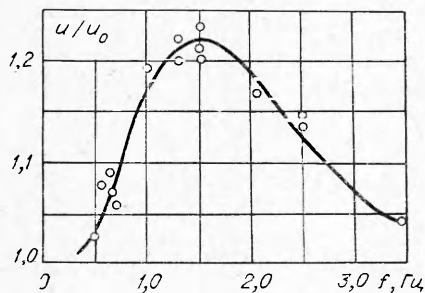


Рис. 1. Изменение средней скорости горения под влиянием пульсирующего ЭП.

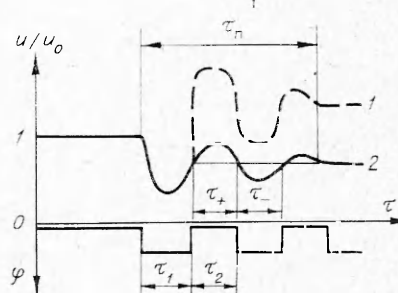


Рис. 2. Схема релаксации скорости горения при наложении постоянного (1) и пульсирующего (2) ЭП.

Изменение средней скорости горения под влиянием пульсирующего ЭП приведено на рис. 1, где u — скорость горения под действием ЭП, u_0 — скорость горения до включения ЭП, $f = 1/(\tau_1 + \tau_2)$ — частота ЭП, τ_1 и τ_2 — длительность полупериодов включения и выключения ЭП (рис. 2).

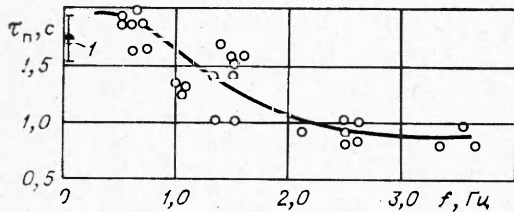


Рис. 3. Зависимость длительности переходного режима от частоты ЭП.
1 — длительность при наложении постоянного ЭП.

пределах точности совпадает с частотой собственных колебаний КС.

Мгновенная скорость горения при наложении пульсирующего поля претерпевает затухающее колебание, несмотря на непрекращающееся изменение внешнего возмущения, даже больше того: наложение пульсирующего ЭП сокращает время τ_n переходного режима (рис. 3).

При анализе опытных данных было отмечено, что длительность τ_n полупериода пониженной скорости горения превышает длительность τ_n полупериода повышенной скорости (на 10—20%). Отсюда следует возможность наложения на КС «несимметричного» ЭП, время включения τ_1 которого больше времени выключения τ_2 на эту же величину. Проверка этого предположения показала, что такой вид ЭП дает больший эффект (рис. 4). Частота ЭП f здесь постоянная и равна 1,5 Гц.

Для выяснения природы увеличения скорости горения под влиянием пульсирующего ЭП необходимо уточнить тепловую картину в зонах горения. При включении поля тепловой поток из газовой фазы уменьшается в два раза; при выключении ЭП (т. е. создании пульсирующего поля) параметры газовой фазы возвращаются к невозмущенным, однако скорость горения возрастает по сравнению с начальной u_0 . Такой результат приводит к выводу о дополнительном запасе тепла, аккумулированном конденсированной фазой в период ее замедленного горения; вследствие этого после снятия ЭП поверхность горения КС перемещается как бы по предварительно нагретой массе, что при прочих равных условиях приводит к повышению скорости горения.

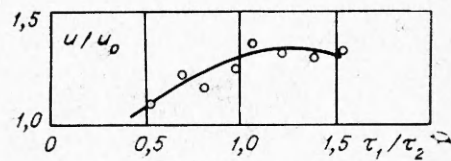


Рис. 4. Изменение средней скорости горения под влиянием «несимметричного» ЭП.

Ленинградский механический институт

Поступила в редакцию
15/XII 1975

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. В. Новожилов. Нестационарное горение твердых ракетных топлив. М., «Наука», 1973.
2. R. F. Bestgen, H. E. Wright. AIAA Paper, 1971, 174.