

ВОЛНОВЫЕ РЕЖИМЫ ГОРЕНИЯ ПЫЛЕЙ

1. ЛАМИНАРНОЕ ПЛАМЯ

В.Г. Шевчук, Е.Н. Кондратьев, А.Е. Сидоров

*Институт горения и нетрадиционных технологий
Одесский национальный университет им.И.И. Мечникова
Одесса ул.Дворянская 2 65085 УКРАИНА*

Горючие среды являются наиболее яркими представителями активных систем – систем с непрерывно распределенными (в макро-скопическом смысле) нелинейными источниками энергии и потоковой (диффузионной) связью между элементами среды.

Математическая база для их изучения – нелинейные параболические уравнения теплопроводности и диффузии. В зависимости от соотношения характерного времени горения τ_r (нелинейный фактор) и теплопередачи τ_n (потоковый фактор) можно выделить предельные режимы: тепловой взрыв ($\tau_r \gg \tau_n$), диффузионное горение ($\tau_r \ll \tau_n$) и автоволновое горение ($\tau_r \sim \tau_n$). Кроме термокинетической нелинейности процессам горения в автоволновом режиме присуща и нелинейность гидродинамического типа, приводящая к существованию различных гидродинамических режимов автоволнового горения – ламинарного, вибрационного, вибрационного турбулентного, детонационного и переходных между ними.

В настоящей работе анализируются условия существования и основные особенности автоволновых режимов горения пылей (алюминий, магний, цирконий, железо, бор, уголь, их сплавы и механические смеси).

Экспериментальные исследования проводились в вертикальных полуоткрытых трубах длиной 1-3.5 м, диаметром 5,6-11 см при зажигании пыли у открытого (верхнего или нижнего) или закрытого конца трубы и в свободных облаках взвесей объемом $(4-10)10^{-3} \text{ м}^3$ и $\sim 40 \text{ м}^3$ при центральном способе их зажигания.

Основное внимание уделялось ламинарному пламени и его важнейшей характеристике – нормальной скорости распространения пламени. Основными параметрами управляющими нормальной скоростью пламени являются состав горючего и окислителя, концентрация твердой фазы, размер частиц, их форма, параметры функции распределения частиц по размеру.

Установлено, что скорость пламени возрастает с увеличением концентрации горючего, уменьшением размера частиц, уменьшением дисперсии функции распределения, увеличением степени развитости поверхности частиц.

В частности показано, что максимальная скорость пламени достигается для концентраций

$$B_{\max} = \frac{\rho c_g}{c_s},$$

где ρ - плотность газа, c_g, c_s - теплоемкости газа и горючего, вплоть до значений в несколько раз превышающих стехиометрические.

Разработана так называемая широкозонная модель ламинарного пламени для пылей, частицы которых горят в диффузионном режиме, учитывающая кондуктивную и радиационную теплопередачу в волне горения, двухскоростные и двухтемпературные эффекты, характерные для пылей.

Получены аналитические выражения для скорости пламени, критериальные соотношения для учета радиационных и двухфазных эффектов.

Теоретические представления хорошо согласуются с экспериментальными данными по зависимости скорости пламени от концентрации горючего (Al, Mg, Zr, Fe, B, C) и размера частиц (Mg, Al).