

ВОСПЛАМЕНЕНИЕ ГИБРИДНОЙ ГАЗОВЗВЕСИ ЧАСТИЦ

Я.И. Вовчук, О.С. Рогульская

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

В условиях производства зачастую имеют место условия, когда в воздухе вместе со взвешенной горючей пылью присутствует некоторое количество горючего газа. Такого рода дисперсные системы называются гибридными газовзвесями.

Целью работы является теоретическое определение зависимости критических условий самовоспламенения гибридной газовзвеси частиц твердого горючего от макроскопических и кинетических параметров дисперсной системы.

Рассмотрена гибридная газовзвесь равномерно распределенных в объеме монодисперсных сферических частиц. Предполагалось, что выгорание твердого и газообразного горючих, теплообмен излучением между частицами горючего и стенками сосуда, а также изменение величины присоединенного объема в предвоспламенительный период пренебрежимо малы. Реагирование на внутренней поверхности частиц отсутствует.

Методом диаграммы Н. Н. Семёнова получены трансцендентные уравнения для определения критических значений максимального разогрева (θ_p^{kr}) и значения параметра Семенова (α_{kr}^{hd}).

Показано, что положение предела воспламенения гибридной газовзвеси зависит не только от величины коллективного параметра (A), задаваемого соотношением поверхностей тепловыделения при гетерогенной реакции и теплоотвода газовзвеси, как это имеет место для однокомпонентной газовзвеси, но также от отношений характерных времен (τ_{21}) и энергий активации (ε_{21}) гомогенной и гетерогенной реакций. Выявлены функциональные связи критических значений максимального разогрева и значения параметра Семенова с этими параметрами.

Установлено, что при воспламенении дисперсной системы с бинарным горючим, величина θ_p^{kr} зависит от того, как соотносятся характерные времена реагирования газообразного и твердого компонент горючего, в отличие от однокомпонентной газовзвеси, для которой θ_p^{kr} является константой ($\theta_p^{kr} = 1$). Когда характерное время для гомоген-

ной реакции много больше, чем для гетерогенной, т.е. $\tau_{21} \gg 1$, $\theta_p^{kr} \approx 1$. По мере уменьшения τ_{21} максимальный докритический разогрев изменяется, стремясь к значению $\theta_p^{kr} = 1/\varepsilon_{21}$ при $\tau_{21} \ll 1$. Для расчета безразмерной температуры на пределе воспламенения предложена аппроксимационная формула. Погрешность при определении θ_p^{kr} с использованием этой формулы в широком диапазоне вариации параметров не превышает 5,5%. Кроме того, применение предложенной аппроксимации позволило получить приближенное выражение для расчета критического значения параметра Семенова на пределе воспламенения гибридной газовзвеси. Это выражение дает возможность не только относительно просто рассчитывать α_{kr}^{hd} с вполне приемлемой для практических расчетов точностью, но также наглядно продемонстрировать асимптотическое поведение этого параметра в зависимости от макроскопических и кинетических характеристик дисперсной системы. Предельные переходы в нем по величине τ_{21} дают условия, совпадающие с условиями теплового взрыва газовой компоненты дисперсной системы при $\tau_{21} \ll 1$, либо с условием самовоспламенения однокомпонентной газовзвеси частиц при $\tau_{21} \gg 1$, соответственно.

Количественно определены диапазоны изменения параметров гибридной газовзвеси, где для ее воспламенения существенным является одновременный вклад в саморазогрев системы как гетерогенной, так и гомогенной реакций.

Результаты графического решения системы трансцендентных уравнений, задающих условие самовоспламенения гибридной газовзвеси, и приближенных расчетов сопоставлены с данными численного решения исходной системы дифференциальных уравнений. Показано на большом количестве вариантов, что ошибка при использовании сделанных в работе упрощений не превышает 6%.

Установлено, что малые добавки горючего газа могут приводить к существенному (на порядки) уменьшению критического значения параметра Семенова и воспламенение рассматриваемой дисперсной системы с бинарным (твердое + газообразное) горючим может наблюдаться в достаточно широкой области параметров, где невозможны ни тепловой взрыв гомогенной системы: горючий газ - окислитель, ни воспламенение однокомпонентной газовзвеси.