

АНАЛИЗ ТУРБУЛЕНТНОГО ГОРЕНИЯ РЕНОРМАЛИЗАЦИОННО-ГРУППОВЫМ МЕТОДОМ

Сорокина Татьяна Викторовна

Институт технической теплофизики НАН Украины

тел. (044) 453-29-93

В представленном исследовании предпринята попытка построить модель турбулентного горения на основании ренормализационно-группового подхода позволяющего получить перенормированные коэффициент диффузии (D) и константу скорости реакции (K).

Исходное уравнение диффузии с нелинейным стоком горючего и окислителя в реакциях горения имеет следующий вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial y}{\partial t} + \lambda \frac{\partial}{\partial x_\alpha} (u_\alpha y) &= D_0 \nabla^2 y - \lambda K_T y y_{ox} (1 - Ze \cdot \theta), \\ \frac{\partial y_{ox}}{\partial t} + \lambda \frac{\partial}{\partial x_\alpha} (u_\alpha y_{ox}) &= D_0 \nabla^2 y_{ox} - \lambda K_T y_{ox} y (1 - Ze \cdot \theta). \end{aligned} \quad (1)$$

где t — время, u_α — компоненты скорости, соответствующие координатам x_α , λ — параметр возмущения, y и y_{ox} — концентрации горючего и окислителя соответственно, D_0 — коэффициент диффузии, K_T —

температурная константа скорости реакции, $Ze = \frac{E(T_b - T_0)}{RT_b^2}$ — число

Зельдовича, $\theta = \frac{T - T_0}{T_b - T_0}$ — безразмерная температура, T_b — теоретическая температура горения, соответствующая термодинамически равновесным продуктам сгорания.

Операция перенормировки проводится в пространстве волновых чисел и частоты. Для «перевода» уравнения (1) в это пространство необходимо воспользоваться комплексным преобразованием Фурье. Затем применим процедуру ренормализационного анализа.

Полученный аналитическим путем эффективный ренормализационный коэффициент диффузии, характеризующий перенос (смещение) горючего и окислителя в пространстве, обусловленный турбулентным движением среды при хаотических флуктуациях скорости, температуры, давления и плотности. С увеличением температуры процесса турбулентного горения уменьшается кинематическая вязкость газа и возрастает коэффициент турбулентной диффузии.

$$D = D_0 + \frac{d-1}{d} \frac{S_d}{(2\pi)^d} \frac{\lambda^2 B}{v_0^2} \frac{v_0}{v_0 + D_0} \frac{\exp(\varepsilon^* \tau) - 1}{\kappa_c^{\varepsilon^*} \varepsilon^*},$$

где $S_d = \frac{2\pi^{d/2}}{\Gamma(d/2)}$, ε - параметр, равный четырем, d — размерность

пространства.

Выведены различные выражения константы скорости реакции в зависимости от преобразования экспоненциального множителя и выбора членов уравнения (1), которые были перенормированны. Константа скорости реакции зависит от температуры и природы реагирующих веществ. С ростом температуры уменьшается число Прандтля и увеличивается скорость реакции.

В результате проведенного исследования при использовании ренормализационного анализа получены ренормализационный коэффициент диффузии ΔD и ренормализационная константа скорости реакции ΔK . Выведена аналитическим путем математическая модель для турбулентного горения.