

ТЕМПЕРАТУРНО-КОНЦЕНТРАЦИОННЫЙ ГИСТЕРЕЗИС ТЕПЛОМАССОБМЕНА ЧАСТИЦЫ КАТАЛИЗАТОРА. ДВУХПЕТЛЕВОЙ ГИСТЕРЕЗИС.

**Калинчак В.В.¹, Софронков А.Н.², Черненко А.С.¹,
Калугин В.В.¹, Савченко И.А.¹, Горбунова А.М.¹**

¹Украина, Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова

²Украина, Одесская национальная академия связи имени А.С. Попова

В работе рассматривается гетерогенно-каталитическая реакция (окисление NH_3 , CO , H_2 или SO_2 в воздухе на платиновом катализаторе), протекание которой происходит согласно ударному механизму. В этом случае скорость гетерогенно-каталитической реакции прямо пропорциональна относительной массовой концентрации горючего. При протекании этой реакции выделяется энергия, которая идет на нагревание катализатора.

Устойчивые и критические режимы теплообмена на поверхности частицы катализатора исследуются путем анализа прямых и обратных зависимостей концентрации горючего или диаметра катализатора от стационарной температуры катализатора в зависимости от температуры газа, концентрации горючего газообразного вещества и диаметра катализатора. При представлении результатов используются относительная молярная концентрация C_{av} , безразмерные диаметр δ , коэффициент черноты ϵ_* , температуры катализатора θ , газа γ_g , стенок γ_w и тепловой эффект γ_Q :

$$\delta = \frac{d}{Nu} \frac{Q_a \rho_g k_0}{\lambda_g RT_g^2/E} \exp\left(-\frac{E}{RT_g}\right), \quad \epsilon_* = \frac{\epsilon \sigma T_g^4}{Q_a \rho_g k_0} \exp\left(\frac{E}{RT_g}\right), \quad \theta = \frac{T - T_g}{RT_g^2/E},$$

$$Se = \frac{d}{Nu} \frac{k_0}{D_a} \exp\left(-\frac{E}{RT_g}\right), \quad \gamma_w = \frac{RT_w}{E}, \quad \gamma_g = \frac{RT_g}{E}, \quad \gamma_Q = \frac{RQ_a}{Ec_g} Lu^{1-m}.$$

Экстремумы на стационарных зависимостях $C_{av}(\theta)$ и $\delta(\theta)$ соответствуют критическим условиям каталитического воспламенения (т. **и**) и погасания газов (т. **е**) (рис. 1).

Температурно-концентрационный гистерезис наблюдается в интервале концентраций горючего $C_{avi} < C_{av} < C_{ave}$: в зависимости от начальной температуры катализатора относительно температуры зажигания температура катализатора с течением времени либо растет

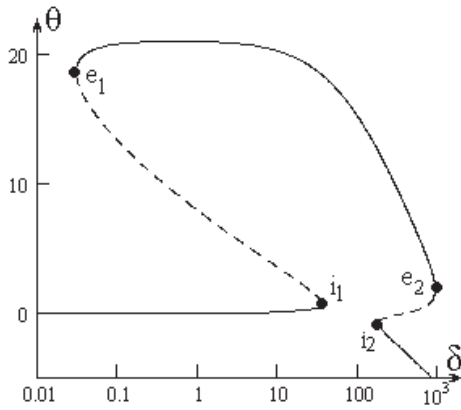


Рис. 1. Зависимость стационарной температуры катализатора от диаметра катализатора при концентрации горючего $C_{av} = 3.1\%$, $\epsilon_* = 0.932$ (двухпетлевой гистерезис):

- 1) $\delta_{e1} < \delta < \delta_{i1}$, $\theta_{e1} < \theta_b < \theta_{i1}$;
- 2) $\delta_{i2} < \delta < \delta_{e2}$, $\theta_{i2} < \theta_b < \theta_{e2}$.

$\gamma_g = 0.0257$, $\gamma_w = 0.0175$, $\gamma_Q = 0.765$.

до температуры каталитического горения либо уменьшается, приближаясь к температуре низкотемпературного окисления.

При изменении размера катализатора наблюдается двухпетлевой гистерезис (рис. 1): существование двух областей диаметров катализаторов, где каталитическое воспламенение газов наблюдается при предварительном повышении начальной температуры катализатора выше температуры зажигания.

Применяя условие экстремума на зависимостях $C_{av}(\theta)$ и $\delta(\theta)$, получены в параметрическом виде выражения для критических значений диаметров катализатора и концентрации горючего (рис. 2). Анализ кривых воспламенения (т. *i*) и погасания (т. *e*) позволил выяснить роль массообмена, молекулярно-конвективного теплообмена катализатора с газом, теплообмена излучением с холодными стенками.

Точка минимума на зависимости $C_{av,e}(\delta)$ (т. *L*) наблюдается при температуре холодных стенок $\gamma_w < \gamma_g \sqrt[4]{1-4\gamma_g}$. Полученный критерий $\delta \epsilon_* \left(1 - 4\gamma_g - \gamma_w^4 / \gamma_g^4\right) \Big|_L = 1$ позволяет разделить всю область диаметров на мелкие частицы (слева от т. *L*), когда роль теплообмена излучением мала, и крупные (справа от т. *L*), когда она существенна.

При концентрации горючего $C_{av,M} < C_{av} < C_{av,L}$ наблюдаются лишь гистерезисные режимы тепломассообмена частицы катализатора.

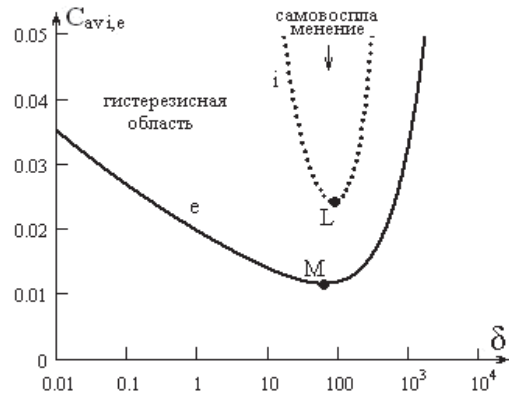


Рис. 2. Зависимость критических значений концентрации горючего от диаметра частицы при $\gamma_g = 0.0257$, $\gamma_w = 0.0175$, $\gamma_Q = 0.765$ с учетом теплотерь на излучение.