

УДК 544.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРИ-РИФОРМИНГА МЕТАНА

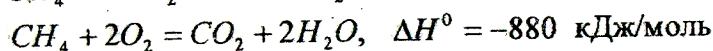
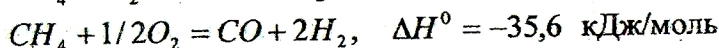
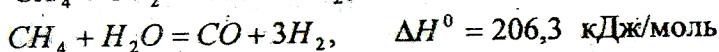
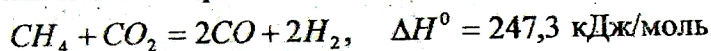
А.А. Ткаченко, Ю.А. Безносик

Национальный технический университет Украины «КПИ»

03056, г. Киев, пр. Перемоги, 37

http://kpi.ua/kpi_xtf

Три-риформинг – синергетическая комбинация эндотермического риформинга CO_2 , парового риформинга и экзотермического парциального окисления метана.



Кроме основных, приведенных реакций, протекают несколько побочных реакций, которые так же необходимо учитывать при моделировании процесса.

Существующие процессы для получения синтез-газа такие как паровой риформинг метана и природного газа, CO_2 риформинг, автотермический риформинг и парциальное окисление метана или природного газа, являются энергоемкими в процессе поддержания реакции.

Процесс три-риформинга метана осуществляется использованием горючих смесей содержащих CO_2 , H_2O и O_2 . Одним из существенных преимуществ процесса является использование в качестве исходного сырья, как природного газа, так и топочных газов, а также производство синтез-газа с необходимым соотношением H_2/CO и исключение образования углерода в процессе.

Три-риформинг является привлекательным методом для нейтрализации выбросов CO_2 при сжигании ископаемого топлива в электростанциях. При этом топочные газы реагируют с дополнительным CH_4 в присутствии катализатора для формирования синтез-газа.

Кинетика процесса три-риформинга описывается следующей системой уравнений:

$$\frac{dC_{CH_4}}{dt} = -r_1 - r_2 - r_3 - r_4 - r_5$$

$$\frac{dC_{CO_2}}{dt} = -2r_1 + r_4 + r_6 + 2r_7 + r_9 + r_{10}$$

$$\frac{dC_{CO}}{dt} = 2r_1 + r_2 + r_3 - 2r_6 - 2r_7 + r_8 - r_{10}$$

$$\frac{dC_{H_2}}{dt} = 2r_1 + 3r_2 + 2r_3 + 2r_5 + r_8 + r_{10} - 2r_{11}$$

$$\frac{dC_{H_2O}}{dt} = -r_2 + 2r_4 - r_8 - r_{10} + 2r_{11}$$

$$\frac{dC_{O_2}}{dt} = \frac{1}{2}r_3 - 2r_4 - r_7 - r_9 - r_{11}$$

$$\frac{dC_C}{dt} = r_5 + r_6 - r_8 - r_9$$

$$\frac{dC}{dt} = \sum \frac{dC_i}{dt} = r_1 + 2r_2 + \frac{3}{2}r_3 + 2r_5 - r_7 - r_9 - r_{11}$$

где r_i – скорости основных и дополнительных реакций. Скорости основных реакций определяются следующими выражениями:

$$r_1 = k_+ p_{CH_4} p_{CO_2} - \frac{k_-}{K_{p1}} p_{CO} p_{H_2}^2$$

$$r_2 = k_+ p_{CH_4} p_{H_2O} - \frac{k_-}{K_{p2}} p_{CO} p_{H_2}^3$$

$$r_3 = k_+ p_{CH_4} p_{O_2}^{1/2} - \frac{k_-}{K_{p3}} p_{CO} p_{H_2}^2$$

$$r_4 = k_+ p_{CH_4} p_{O_2}^2 - \frac{k_-}{K_{p4}} p_{CO_2} p_{H_2O}^2$$

Разработанная математическая модель позволяет оценить влияние факторов, провести сравнение с экспериментом и оптимизировать процесс по необходимым параметрам.