

$$K_p = \frac{[\text{CO}_2] [\text{H}_2]}{[\text{CO}] [\text{H}_2\text{O}]}$$

необходимо сместить равновесие в сторону образования  $\text{CO}_2$ ; это достигается введением большого избытка водяного пара.]

Суммарную реакцию можно выразить уравнением:



В нефтехимической промышленности метано-паровой процесс используют в двух направлениях: 1) для получения водорода и 2) для получения синтез-газа. Когда основной целью является получение водорода, процесс проводят с большим избытком водяного пара, что уменьшает конверсию  $\text{CO}$  в  $\text{CO}_2$  [реакция (7)] и способствует образованию дополнительного количества водорода. Процесс выгодно проводить в две ступени: первая – конверсия  $\text{CH}_4$  в синтез газ [реакция (6)] при температуре  $700\text{-}800^\circ\text{C}$ , вторая – конверсия  $\text{CO}$  [реакция (7)] при температуре  $400\text{-}500^\circ\text{C}$ . Процесс в целом протекает с увеличением объема, поэтому повышение давления снижает степень конверсии.

Если основной целью является получение синтез-газа (смесь  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$  в различных соотношениях) можно увеличить содержание  $\text{CO}$  добавлением в реакционную смесь  $\text{CO}_2$ . Это смещает равновесие реакции (7) в сторону образования  $\text{CO}$ .

В условиях метано-парового процесса при высоких температурах может протекать чрезвычайно интересная реакция (с точки зрения потенциального способа утилизации двуокиси углерода) метана с двуокисью углерода, приводящая также к синтез-газу:



Следовательно, содержание  $\text{CO}$  в продуктах процесса определяется не только температурой, но и соотношением количеств водяного пара и  $\text{CO}_2$ .

На практике для быстрого достижения равновесия (увеличение скорости реакции) и снижение температуры протекания процесса пользуются катализаторами, из которых наиболее час-