Ejemplo de Reactor de Flujo Pistón con Reciclo.

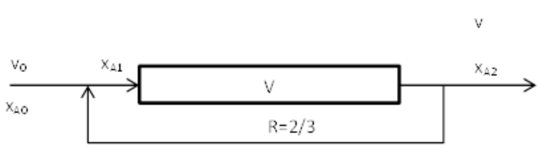
En un reactor de flujo en pistón se alcanza el 90 % de conversión para una reacción irreversible de primer orden en fase líquida. Si las 2/3 partes de la corriente de salida del reactor es recirculada y si a lo largo de todo el reactor el sistema reciclo reactor permanece invariable, qué le ocasionará esto a la corriente de salida

En este problema se plantean dos casos uno sería las condiciones del reactor sin recirculación y la otra sería la del reactor donde 2/3 partes de la corriente de salida se recirculan. Por lo que debemos plantear ambos casos para examinar la información suministrada.

Primero nos dirigimos al caso de estudio.

Caso 1

Reactor PFR con reciclo.



De este reactor conocemos la relación de reciclo, R=2/3, mas no conocemos los caudales que se manejan, el tamaño del reactor, ni la conversión final que alcanza luego de emplear el recíclo.

Planteando al ecuación de Diseño de este reactor:

$$\frac{V}{F_{A0}} = (R+1)\int_{x_{A1}}^{x_{A2}} \frac{dx_A}{-r_A}$$

Donde la x_{A1} es desconocida y depende de la conversión final alcanzable en el reactor.

$$x_{A1} = \frac{R}{R+1}x_{A2}$$

Evaluamos la ecuación cinética

$$-r_A = kC_A$$

Evaluando la estequiometria para un flujo en fase líquida ε=0

$$C_A = C_{A0}(1-x_A)$$

Combinamos

$$-r_A = kC_{A0}(1-x_A)$$

Incluimos esto en la ecuación de diseño

$$\frac{V}{F_{A0}} = (R+1)\int_{x_{A1}}^{x_{A2}} \frac{dx_A}{kC_{A0}(1-x_A)}$$

Despejamos las variables desconocidas a un solo miembro de la ecuación

$$\frac{VkC_{A0}}{F_{A0}} = (R+1)\int_{x_{A1}}^{x_{A2}} \frac{dx_A}{(1-x_A)}$$

$$\int_{x_{A1}}^{x_{A2}} \frac{dx_A}{(1-x_A)} = -ln(1-x_A)\ \Big|_{x_{A1}}^{x_{A2}}$$

$$= -ln(1-x_{A2}) + ln(1-x_{A1})$$

$$= ln\frac{(1-x_{A1})}{(1-x_{A2})}$$

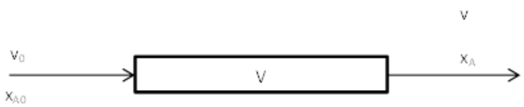
$$\frac{VkC_{A0}}{F_{A0}} = (R+1)ln\frac{(1-x_{A1})}{(1-x_{A2})}$$

$$\frac{VkC_{A0}}{F_{A0}} = (R+1)ln\frac{\left(1-\frac{R}{R+1}x_{A2}\right)}{(1-x_{A2})}$$

$$\frac{VkC_{A0}}{F_{A0}} = (R+1)ln\frac{\left(1-\frac{2/3}{2/3+1}x_{A2}\right)}{(1-x_{A2})}$$

$$\frac{VkC_{A0}}{F_{A0}} = (5/3)ln\frac{(1-2/5x_{A2})}{(1-x_{A2})}$$

Esta expresión no puede ser resuelta aun por no conocer uno de los miembros de la ecuación, pero podemos observar que al reactor solo se le modificó la distribución del flujo de entrada al reactor al colocar el reciclo, mas no han cambiado ni el tamaño, ni las condiciones iniciales como caudal y concentración, además, tampoco se establece un cambio de la temperatura, por lo que las incógnitas k, C_{A0}, F_{A0} y V son iguales en los dos casos, por lo que podemos obtenerlas del reactor de flujo pistón sin reciclo.



$$\frac{V}{F_{A0}} = \int_{x_{A0}}^{x_A} \frac{dx_A}{-r_A}$$

$$\frac{V}{F_{A0}} = \int_{x_{A0}}^{x_A} \frac{dx_A}{-r_A}$$

$$\frac{V}{F_{A0}} = \int_{x_{A0}}^{x_A} \frac{dx_A}{kC_{A0}(1-x_A)}$$

$$\frac{VkC_{A0}}{F_{A0}} = \int_{x_{A0}}^{x_A} \frac{dx_A}{(1-x_A)}$$

Es la misma primitiva que la anterior por lo tanto nos queda:

$$\frac{VkC_{A0}}{F_{A0}} = ln\frac{(1-x_{A0})}{(1-x_A)}$$

Donde x_{A0}=0 y x_A=0.90

$$\frac{VkC_{A0}}{F_{A0}} = ln\frac{1}{(1-0.90)} = 2.303$$

Con esto ya podremos resolver la ecuación establecida para el pistón.

$$\frac{VkC_{A0}}{F_{A0}} = (5/3)ln\frac{(1-2/5x_{A2})}{(1-x_{A2})}$$

$$2.303 = \left(\frac{5}{3}\right) ln\frac{\left(1-\frac{2}{5x_{A2}}\right)}{(1-x_{A2})}$$

$$\frac{2.303}{1.667} = ln\frac{(1-2/5x_{A2})}{(1-x_{A2})}$$

$$e^{1.3818} = e^{ln\frac{(1-2/5x_{A2})}{(1-x_{A2})}}$$

$$3.982 = \frac{(1-2/5x_{A2})}{(1-x_{A2})}$$

$$3.982(1-x_{A2}) = (1-2/5x_{A2})$$

$$3.583x_{A2} - 2.982 = 0$$

$$x_{A2} = \frac{2.982}{3.583} = 0.8322$$

Ya podemos ver el efecto de emplear la recirculación y efectivamente la conversión decae ya que emplear un reciclo disminuye la eficiencia del reactor ya que asemeja el comportamiento de un reactor de mezcla completa para un sistema de primer orden.