

1) Um reator CSTR, volume constante, tem duas correntes de entrada e uma corrente de saída de um fluido. A temperatura e vazão de cada corrente podem variar com o tempo. A Figura 1 mostra o tanque e as correntes do sistema em questão.

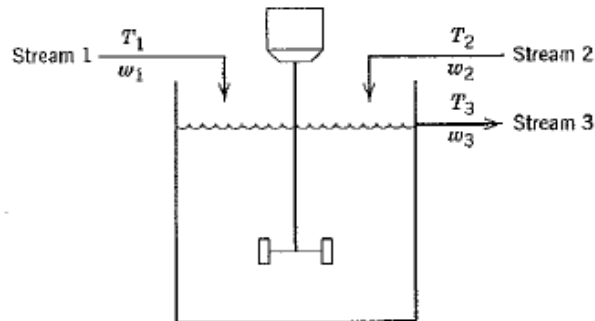


Figura 1 – Reator CSTR da questão 1.

- Derive um modelo dinâmico que descreva a operação transiente do processo. Faça o grau de liberdade, assumindo que ambas as correntes 1 e 2 apresentam vazões e temperaturas conhecidas, como função do tempo. Liste todas as hipóteses e especifique cada etapa da modelagem (i, ii, iii, iv).
- Simplifique o modelo encontrado anteriormente, listando as hipóteses, e apresente um modelo de solução analítica para as variáveis dependentes.

2) Um vaso encamisado é usado para resfriar uma corrente de processo, assim como mostrado na Figura 2. As seguintes informações são fornecidas:

- O volume do líquido no tanque (V) e o volume do fluido refrigerante na jaqueta (V_j) são constantes. A vazão volumétrica do fluido do tanque (q_f) é constante, mas a vazão volumétrica do fluido refrigerante é dependente do tempo.
- A taxa de calor perdido para o ambiente é desprezível.
- O tanque e a jaqueta podem ser considerados de mistura perfeita.
- A resistência condutiva das paredes do tanque e da jaqueta pode ser desprezada.
- O coeficiente global de transferência de calor entre o líquido do tanque e o fluido refrigerante varia segundo a Equação 1, onde K é uma constante.

Esboce o modelo dinâmico para o sistema, explicitando todas as considerações e hipóteses utilizadas no modelo. Apresente o grau de liberdade e o modelo em estado estacionário.

$$U = Kq_f^{0,8} \quad (1)$$

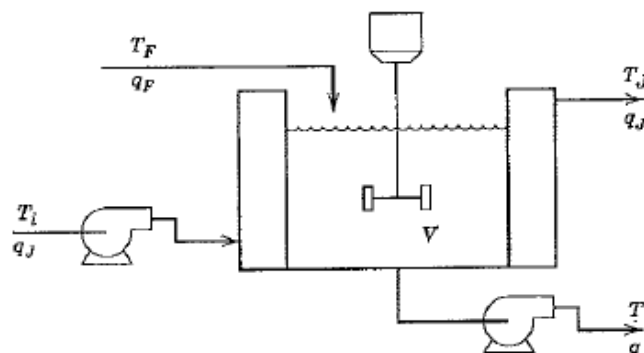


Figura 2 – Vaso encamisado da questão 2.

3) Um reator CSTR é aquecido através de uma corrente de fluido que passa através de tubos (Figura 3). A taxa de aquecimento e o volume do reator são constantes. Pede-se

a) Desenvolva um modelo matemático diferencial que descreva a temperatura de saída do reator, considerando as perdas de calor para o ambiente, sendo que a temperatura ambiente (T_a) e a temperatura de alimentação do reator (T_i) variam com o tempo.

b) Discuta, qualitativamente, o que você espera acontecer quando T_i e w aumentam ou diminuem. Justifique tomando como base o seu modelo.

Dados:

- ρ e c_p são constantes.
- U (coeficiente global de transferência de calor) é constante.
- A_s (área da superfície que perde calor para o ambiente) é constante
- $T_i > T_a$ – temperatura de entrada no reator é sempre maior que a temperatura ambiente.

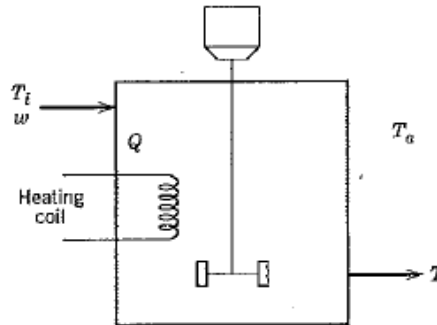


Figura 3 – reator CSTR da questão 3.

4) Dois tanques estão conectados de acordo com a Figura 4 apresentada a seguir. Desenvolva um modelo para esse sistema que pode ser usado para encontrar h_1 , h_2 , w_2 e w_3 como função do tempo para qualquer variação nos parâmetros do sistema. Apresente o grau de liberdade, identifique todas as variáveis de entrada e saída, liste todas as hipóteses e considerações utilizadas para formulação do seu modelo.

Dados:

- A densidade do líquido (ρ), área do tanque 1 (A_1) e área do tanque 2 (A_2) são constantes.
- w_2 é positivo, ou seja, o fluido escoo do tanque 1 para o tanque 2.
- As duas válvulas são lineares com resistências R_2 e R_3 .

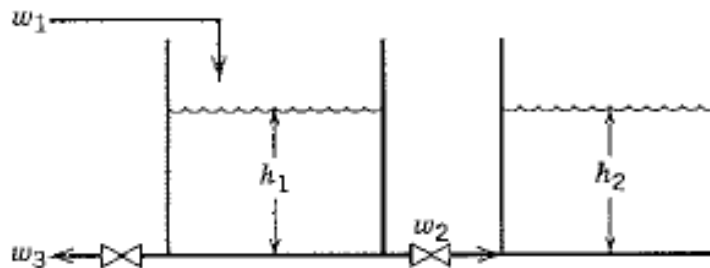


Figura 4 – Tanques conectados da questão 4.

5) Considere um tanque selado com líquido e um gás não condensável acima do líquido, como mostra a Figura 5. Apresente o modelo dinâmico do nível do tanque (h) variando com a entrada q_i . Esta operação é dependente da pressão atmosférica P_a ? E se o tanque fosse aberto para a atmosfera?

Assuma que o reator é isotérmico e que os gases obedecem a lei de *van der Waals*, sendo que $n = m/M$ deve estar presente no modelo. A vazão q apresenta uma resistência dada pela raiz da queda de pressão.

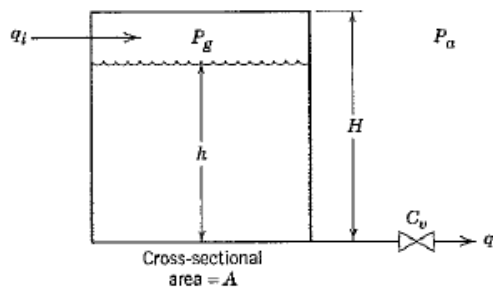


Figura 5 – Tanques selado da questão 5.

6) Um reator CSTR com dois compartimentos é mostrado na Figura 6. A ideia básica é alimentar o reator continuamente no primeiro tanque, para aproveitar parte do calor liberado da reação exotérmica ($A \rightarrow B$), que acontecerá de maneira efetiva no segundo tanque. A parede que separa os dois tanques permite a troca de calor entre eles. No segundo reator há uma serpentina de resfriamento para remover o excesso de energia liberado pela reação.

Desenvolva o modelo dinâmico para este processo sobre condições de reação exotérmica de primeira ordem para o componente A - lembrando que $k=f(t)$. Assuma que q_0 , T_i e T_c podem variar com o tempo. Identifique todas as hipóteses e considerações realizadas para obtenção do modelo dinâmico, assim como o grau de liberdade e os parâmetros que necessita conhecer para obtenção da solução do problema.

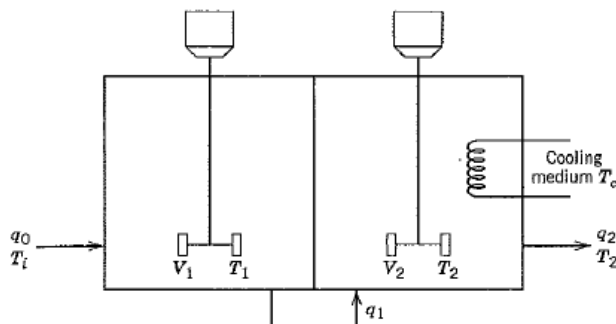


Figura 6 – Reator CSTR com dois compartimentos da questão 6.

7) Considere um tanque cônico aberto sendo continuamente alimentado com água, assim como mostrado na Figura 7. Desenvolva o modelo dinâmico da altura de líquido no tanque (h), se a saída do tanque apresenta uma válvula com resistência ao fluxo proporcional à raiz da queda de pressão. Liste todas as variáveis, parâmetros, entradas e saídas do modelo. Faça o grau de liberdade e liste todas as hipóteses utilizadas no modelo.

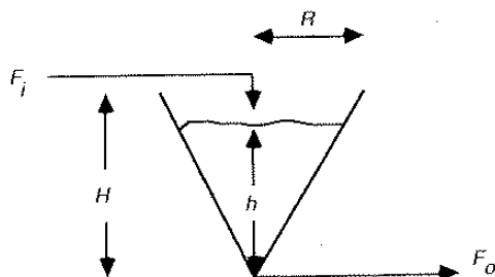


Figura 7 – Tanque cônico da questão 7.

8) Um tanque de armazenamento, mostrado na Figura 8, tem duas correntes de alimentação - vazões mássicas w_1 e w_2 - e uma corrente de saída (w_3). O tanque é cilíndrico com diâmetro de 2m e altura de 2,5m. A densidade do líquido no interior do tanque é 800 kg/m^3 . O *start-up* do tanque é feito enchendo-o até um nível de 1,75m usando uma vazão constante de 120 kg/min para a corrente 1, 100 kg/min para corrente 2 e 200 kg/min para corrente 3. Ao atingir essa determinada altura, a vazão da corrente 1 é ajustada para 100 kg/min, mantendo fixo o nível do tanque. Porém, devido à

corrosão pelos produtos químicos, ocorreu a formação de um buraco na parede do tanque à uma altura de 1m. O tanque começou a vaziar a uma vazão de $q_4[m^3/\text{min}]=0,025(h-1)^{0,5}$. Pede-se:

- Se o tanque estava completamente vazio no momento do furo, qual é o tempo para que o nível do tanque atinja o ponto da corrosão?
- Se as vazões massicas (w_1 , w_2 e w_3) são mantidas constantes indefinidamente, nas condições de *start-up*, o tanque irá transbordar ou secar completamente depois de um tempo muito grande de operação?

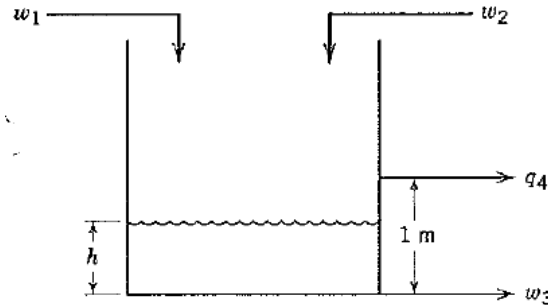


Figura 8 – Tanque da questão 8.

9) Selecione um processo da engenharia química de sua escolha. O processo deve apresentar mais de uma variável dependente. Explique o processo, e as hipóteses usadas, desenvolva o seu modelo, faça a análise de graus de liberdade de forma que possa estabelecer dados para encontrar a simulação (solução de estado estacionário). Faça as devidas simplificações para encontrar uma solução analítica do seu processo.