

## Operazioni Unitarie e Reattori Chimici

### Prova scritta del 20.9.2016

#### Problema No. 1

Una corrente di acqua della portata di  $3500 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$  deve essere riscaldata da  $15$  a  $50^\circ\text{C}$  in uno scambiatore di calore a tubi concentrici. L'acqua viene alimentata al tubo interno e nello spazio anulare circola vapore condensante alla temperatura di  $110^\circ\text{C}$ . Per diametri del tubo interno non superiori a  $4 \text{ cm}$ , il coefficiente di trasporto del calore esterno  $h_e$  può essere assunto pari a  $11 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$ . Determinare la minima lunghezza dello scambiatore necessaria per effettuare l'operazione.

Tutte le grandezze relative alla corrente di acqua e pertinenti al problema possono essere calcolate con i seguenti valori medi: densità  $993 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , conducibilità termica  $0,61 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$ , viscosità  $0,78 \text{ cP}$ , capacità termica  $4,19 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$ . Assumere altresì che lo spessore della parete del tubo interno sia talmente sottile da rendere praticamente unitario il rapporto fra il diametro esterno e quello interno e trascurabile la resistenza al trasporto di calore conduttivo.

Bisogna individuare il valore ottimale del diametro del tubo interno. Esso risulta pari a  $2,3 \text{ cm}$ , per cui si ottiene un coefficiente di trasporto del calore interno ( $h_i$ ) pari a  $8,9 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$  e una lunghezza pari a  $5,28 \text{ m}$ .

#### Problema No. 2

4-vinilcicloesene viene prodotto mediante la reazione in fase gassosa di dimerizzazione (condensazione di Diels–Alder) di 1,3-butadiene:



Sapendo che:

- i) la reazione è condotta in un reattore batch (STR);
- ii) l'alimentazione è costituita da 70% di reagente (concentrazione iniziale  $0.01 \text{ M}$ ) e 30% di inerte;
- iii) alle condizioni di esercizio, la costante cinetica vale  $k=0.0614 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ;

determinare:

- i) il grado di conversione ottenibile per un tempo di reazione pari a  $1 \text{ h}$ ;
- ii) qualitativamente, l'effetto che si avrebbe se nell'alimentazione venisse rimosso il 30% di inerte.

Dopo aver determinato il valore di  $\varepsilon$  ( $-0.35$ ), si applica l'equazione di progetto del STR, richiamando la relazione che lega concentrazione a grado di conversione per sistemi con variazione di volume. Si verifica un grado di conversione pari al 73%. Togliendo inerti, si osserva sia un incremento della concentrazione del reagente, sia un incremento del valore assoluto di  $\varepsilon$  (sistemi più concentrati): entrambi i fattori tendono a migliorare il processo dal versante della conversione ottenibile.