

PROBLEMI EVAPORATORI MULTIPLO EFFETTO

I primi due esercizi sono da impostare e svolgere in classe. Insistere a disegnare impianto e fare tabelle dei vapori.

PROBLEMA 1

Una portata di 650 L/h di una soluzione acquosa al 3% in massa di un sale organico (densità $1,15 \text{ g/cm}^3$), dopo essere stata preriscaldata alla temperatura di ebollizione, viene concentrata al 30% in massa in un impianto di concentrazione a **triplice effetto operante in equicorrente**.

Adottando un ugual salto termico nei tre concentratori e tenendo conto che i fluidi ausiliari sono disponibili alle seguenti condizioni:

- a. vapore di rete saturo secco a $3,0 \text{ kg/cm}^2$ effettivi;
- b. acqua industriale di raffreddamento alla temperatura di $18 \text{ }^\circ\text{C}$;

sapendo che il vapore in uscita è abbattuto in un condensatore barometrico operante a un vuoto di 494 mmHg, che l'acqua viene scaricata alla temperatura di $27 \text{ }^\circ\text{C}$, si calcoli:

1. la portata oraria di concentrato ottenuto;
2. la portata oraria di acqua da evaporare kg/h e m^3/h ;
3. la concentrazione della soluzione in uscita dal primo concentratore;
4. il consumo di vapore di rete, ponendo che il valore del calore specifico della soluzione in uscita dei concentratori sia unitario e ritenendo trascurabili gli effetti ebullioscopici;
5. il consumo di acqua di raffreddamento;
6. la superficie di scambio di ciascun effetto, assumendo rispettivamente i seguenti coefficienti globali di scambio termico: $U_{d1} = 1500 \text{ kcal/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ e $U_{d2} = 1250 \text{ kcal/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$; $U_{d3} = 500 \text{ kcal/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$;
7. l'efficienza dell'impianto, intesa come kg P/ kg VR ;
8. la potenzialità specifica dei tre evaporatori

Per i calcoli si consideri ch.e il sistema sia adiabatico verso l'esterno.

Disegna uno schizzo dell'impianto (prima disegna sempre gli evaporatori e i fluidi di servizio, poi disegna la linea della soluzione) e, (sotto lo schizzo) raccogli in tabelle le caratteristiche del vapore di rete V_R e dei vapori prodotti dagli evaporatori.

Per prima cosa ricorda di scrivere sull'impianto per ogni evaporatore le pressioni di esercizio, le temperature (ricavabili dal calcolo di Δt), sigle, portate e concentrazioni note dei fluidi entranti e uscenti da ogni evaporatore. Scrivi poi per ogni evaporatore i bilanci di materia e quelli termici

PROBLEMI EVAPORATORI MULTIPLO EFFETTO

PROBLEMA 2

Una soluzione acquosa al 4% in massa, dopo essere stata preriscaldata alla temperatura di ebollizione, deve essere concentrata al 30% con un sistema di evaporazione a **triplice effetto operante in controcorrente**.

Tenendo conto che si vogliono produrre 1050 q/g (quintali giornalieri) di soluzione concentrata, si dispone di vapore di rete a 5 ata, la pressione del condensatore barometrico è 0,6 ata e i salti termici nei tre concentratori sono uguali.

L'acqua industriale di raffreddamento inviata al condensatore è disponibile alla temperatura di 15 °C e l'acqua scaricata dal condensatore esce alla temperatura di equilibrio.

I coefficienti globali di scambio termico sono $U_{d1} = 2000$, $U_{d2} = 1800$, $U_{d3} = 1600$ kcal/h m² °C.

Si calcoli:

1. il consumo di vapore di rete (m³/h), ponendo che il valore del calore specifico della soluzione in uscita dei concentratori sia unitario e ritenendo trascurabili gli effetti ebullioscopici;
2. la portata oraria di acqua da evaporare in kg/h e m³/h;
3. la concentrazione della soluzione in uscita dal primo concentratore;
4. il consumo di acqua di raffreddamento (m³/h);
5. la superficie di scambio di ciascun effetto;
6. l'efficienza dell'impianto;
7. la potenzialità specifica di ogni evaporatore.

Per i calcoli si consideri che il sistema sia adiabatico verso l'esterno.

Disegna uno schizzo dell'impianto (prima disegna sempre gli evaporatori e i fluidi di servizio, poi disegna la linea della soluzione) e, (sotto lo schizzo) raccogli in tabelle le caratteristiche del vapore di rete V_R e dei vapori prodotti dagli evaporatori.

Per prima cosa ricorda di scrivere sull'impianto per ogni evaporatore le pressioni di esercizio, le temperature (ricavabili dal calcolo di Δt), sigle, portate e concentrazioni note dei fluidi entranti e uscenti da ogni evaporatore. Scrivi poi per ogni evaporatore i bilanci di materia e quelli termici.

PROBLEMI EVAPORATORI MULTIPLO EFFETTO

PROBLEMA 3

Un impianto di concentrazione a duplice effetto in controcorrente, viene alimentato con una soluzione acquosa di un sale inorganico ed opera con i seguenti parametri:

- a. portata di alimentazione $F = 4 \text{ kg/s}$;
- b. concentrazione iniziale della soluzione $c_F = 5\%$ in massa;
- c. concentrazione finale della soluzione $c_{F2} = 28\%$ in massa;
- d. vapore di rete disponibile saturo secco alla pressione $\Pi_{VR} = 1 \text{ ate}$;
- e. pressione mantenuta nel condensatore barometrico è pari a 380 mmHg ;
- f. l'impianto opera con uguali salti parziali di temperatura;
- g. l'alimentazione viene introdotta nel primo effetto alla temperatura di ebollizione;
- h. i coefficienti globali di scambio termico sono rispettivamente

$$U_{d1} = 1500 \text{ e } U_{d2} = 1434 \text{ kcal/hm}^2\text{°C};$$

- i. l'acqua industriale di raffreddamento è disponibile alla temperatura di 18 °C e viene scaricata nella colonna barometrica alla temperatura di 30 °C .

Calcolare:

1. la portata del concentrato;
2. la portata d'acqua da evaporare in kg/h e m^3/h ;
3. la portata oraria di vapore di rete (m^3/h) da inviare nel fascio tubero del secondo effetto;
4. la portata d'acqua da inviare al condensatore barometrico (m^3/h);
5. le superfici medie di scambio termico dei due evaporatori;
6. l'efficienza dell'impianto;
7. la potenzialità specifica di ogni evaporatore.

Per il calcolo si considerino valide le seguenti approssimazioni:

- il sistema si può ritenere adiabatico verso l'esterno;
- si può trascurare l'innalzamento ebullioscopio della soluzione a tutte le concentrazioni;
- il calore specifico della soluzione alle varie concentrazioni si può ritenere unitario.

Disegna uno schizzo dell'impianto e, sotto lo schizzo, raccogli in tabelle le caratteristiche del vapore di rete V_R e dei vapori prodotti dagli evaporatori.

PROBLEMI EVAPORATORI MULTIPLO EFFETTO

PROBLEMA 4

Una portata di 1714 L/h di una soluzione acquosa di un sale inorganico ($d= 1,05 \text{ g/cm}^3$) dev'essere concentrata dal 6% al 24 % in massa in un impianto di evaporazione a duplice effetto operante in controcorrente.

Nel primo concentratore, dove la soluzione entra preriscaldata fino alla temperatura di ebollizione, viene mantenuto un vuoto del 70%.

L'impianto viene fatto lavorare con uguali salti parziali di temperatura.

I fluidi ausiliari sono disponibili alle condizioni di seguito riportate:

- ☞ vapore di rete saturo secco alla pressione di 3 ata;
- ☞ acqua industriale di raffreddamento alla temperatura di 16 °C.

Sapendo che l'acqua nel condensatore barometrico del gruppo del vuoto viene scaricata alla temperatura di 35 °C, determinare:

1. la portata oraria di concentrato ottenuto;
2. la portata oraria di acqua da evaporare kg/h e m^3/h ;
3. la concentrazione della soluzione in uscita dal primo evaporatore;
4. la portata oraria di vapore di rete da inviare nel fascio tubero del secondo evaporatore;
5. le superfici medie di scambio termico dei due evaporatori assumendo rispettivamente i seguenti coefficienti globali di scambio termico: $U_{d1}= 1279$ e $U_{d2}= 1163 \text{ W / m}^2 \text{ K}$;
6. la portata di acqua (m^3/h) da inviare al condensatore barometrico;
7. l'efficienza dell'impianto;
8. la potenzialità specifica di ogni evaporatore.

Per il calcolo si considerino valide le seguenti approssimazioni:

- il sistema si può ritenere adiabatico verso l'esterno;
- si può trascurare l'innalzamento ebullioscopio della soluzione a tutte le concentrazioni;
- il calore specifico della soluzione alle varie concentrazioni si può ritenere unitario.

PROBLEMI EVAPORATORI MULTIPLO EFFETTO

PROBLEMA 5

Una portata di 400 kg/h di una soluzione acquosa al 3% di una sostanza non termodegradabile, dopo essere stata preriscaldata a 50 °C, viene concentrata al 25% in un impianto di concentrazione a duplice effetto in controcorrente.

Adottando un ugual salto termico nei due concentratori e tenendo conto che:

- ☺ si dispone di vapore di rete a 2 kg/cm² effettivi;
- ☺ il vapore in uscita è abbattuto in un condensatore barometrico operante a un vuoto di 304 mmHg;
- ☺ l'acqua di raffreddamento del condensatore entra a 18 °C e esce a 27 °C;

si calcoli:

1. il consumo di vapore di rete (m³/h), ponendo che il valore del calore specifico della soluzione in uscita dei concentratori sia unitario e ritenendo trascurabili gli effetti ebullioscopici;
2. la concentrazione della soluzione uscente dal primo effetto;
3. il consumo di acqua di raffreddamento (m³/h);
4. la superficie di scambio di ciascun effetto, assumendo coefficienti di scambio rispettivamente 1800 e 1700 kcal / h m² °C.
5. l'efficienza dell'impianto;
6. la potenzialità specifica di ogni evaporatore.

disegnare lo schema e le tabelle dei vapori.

PROBLEMI EVAPORATORI MULTIPLO EFFETTO

PROBLEMA 6

Una soluzione acquosa al 4% in massa, dopo essere stata preriscaldata alla temperatura di ebollizione, deve essere concentrata al 30% con un sistema di evaporazione a **triplice effetto misto** (primi due evaporatori in controcorrente e l'ultimo in equicorrente).

Tenendo conto che si vogliono produrre 3500 kg/h di soluzione concentrata, si dispone di vapore di rete a 4 ata, la pressione del condensatore barometrico è 0,6 ata e i salti termici nei tre concentratori sono uguali.

L'acqua industriale di raffreddamento inviata al condensatore è disponibile alla temperatura di 15 °C e l'acqua scaricata dal condensatore esce alla temperatura di equilibrio.

I coefficienti globali di scambio termico sono $U_{d1} = 2000$, $U_{d2} = 1800$, $U_{d3} = 1400$ kcal/h m² °C.

Si calcoli:

8. il consumo di vapore di rete (m³/h), ponendo che il valore del calore specifico della soluzione in uscita dei concentratori sia unitario e ritenendo trascurabili gli effetti ebullioscopici;
9. la portata oraria di acqua da evaporare in kg/h e m³/h;
10. la concentrazione della soluzione in uscita dal primo concentratore;
11. il consumo di acqua di raffreddamento (m³/h);
12. la superficie di scambio di ciascun effetto;
13. l'efficienza dell'impianto;
14. la potenzialità specifica di ogni evaporatore.

Per i calcoli si consideri che il sistema sia adiabatico verso l'esterno.

Disegna uno schizzo dell'impianto (prima disegna sempre gli evaporatori e i fluidi di servizio, poi disegna la linea della soluzione) e, (sotto lo schizzo) raccogli in tabelle le caratteristiche del vapore di rete V_R e dei vapori prodotti dagli evaporatori.

Per prima cosa ricorda di scrivere sull'impianto per ogni evaporatore le pressioni di esercizio, le temperature (ricavabili dal calcolo di Δt), sigle, portate e concentrazioni note dei fluidi entranti e uscenti da ogni evaporatore. Scrivi poi per ogni evaporatore i bilanci di materia e quelli termici.