

Lucrare semestrială FDT / FDTOU / TCM – 2017

1. Într-un evaporator care funcționează în regim continuu, staționar, se concentrează 120 kg/min soluție de zaharoză de la concentrația inițială de 10% (masice) la concentrația finală de 40% masice zaharoză. Să se calculeze:
 - a. Debitul masic și volumic de apă evaporată din soluție, știind că densitatea aburului rezultat este de 0,6 kg/m³;
 - b. Volumul de soluție concentrată obținută în decurs de 2 ore, știind că densitatea acesteia este de 1,18 kg/L.

REZOLVARE:

O problemă clasică, de bilanț de materiale

(<http://cadredidactice.ub.ro/gavrilalucian/files/2011/03/fdtou-curs-04.pdf>).

Pornind de la “**legea conservării masei**” aplicată pentru condițiile de regim continuu, staționar, putem scrie:

Suma maselor substanțelor intrate în proces/instalație = Suma maselor substanțelor ieșite din proces/instalație (acumularea în proces/instalație fiind nulă) [1]

Materiale intrate:

120 kg/min soluție de zaharoză având concentrația de 10% masice, adică:

$120 \times 10/100 = 12$ kg/min zaharoză

$120 \times (100 - 10)/100 = 120 \times 90/100 = 108$ kg/min apă

Materiale ieșite:

În procesul de concentrare prin evaporare, doar componentul volatil (apa) trece în faza de vapori, componentul nevolatil (zaharoză) rămânând în faza lichidă. Ca urmare putem scrie că din proces/instalație ies două faze:

- faza de vapori (vapori de apă/abur secundar): x kg/min apă
- faza lichidă (soluție concentrată de zaharoză în apă – 40% masice sau 0,4 fracție masică), formată din:
 - o 12 kg/min zaharoză;
 - o y kg/min apă, corespunzător unei soluții de zaharoză în apă având concentrația de 40% masice.

În aceste condiții, se poate scrie expresia sumei maselor (debitelor) evacuate din proces/instalație:

Suma maselor/debitelor substanțelor ieșite din proces/instalație = Masa/debitul vaporilor de apă + Masa/debitul soluției de zaharoză cu concentrația de 40% masice
 $= x + (12 + y)$ [2]

În faza lichidă ieșită din proces/instalație, avem 12 kg/min zaharoză, iar concentrația soluției de zaharoză în apă este de 40% masice (sau 0,4 fracții masice). Ca urmare, putem scrie:

$(12 + y) = 100 \times 12/40$ sau $(12 + y) = 100 \times 0,3$, sau $(12 + y) = 30$ [3]

Combinând ecuațiile [1] – [3], rezultă sistemul:

$$120 = x + (12 + y)$$

$$12 + y = 30$$

Rezolvând:

$y = 30 - 12 = 18$ kg/min – debitul de apă din soluția finală concentrată;

Debitul de soluție finală concentrată:

$$y + 12 = 30 \text{ kg/min}$$

Debitul de abur secundar (apă evaporată din soluție):

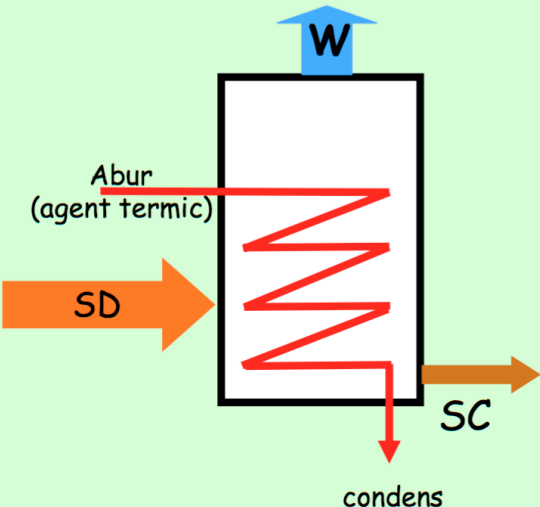
$$x = 120 - (12 + y) = 120 - 12 - 18 = 90 \text{ kg/min}$$

Pentru verificare, din ecuația [1]:

$$120 = 12 + x + y = 12 + 90 + 18 = 120 \text{ QED}$$

La același rezultat se ajunge utilizând ecuațiile bilanțului de materiale pentru procesul de evaporare simplă

(<http://cadredidactice.ub.ro/gavrilaucian/files/2012/11/ou1-c10-evaporarea.pdf>)



o **BILANT DE MATERIALE**

* **BILANTUL TOTAL:**

$$m_{SD} = m_{SC} + W$$

* **BILANTUL SOLUTULUI:**

$$m_{SD} \cdot x_{SD}^A = m_{SC} \cdot x_{SC}^A$$

* **BILANTUL SOLVENTULUI (BILANTUL APEI):**

$$m_{SD} \cdot x_{SD}^{apa} = m_{SC} \cdot x_{SC}^{apa} + W$$

$$m_{SD} \cdot (1 - x_{SD}^A) = m_{SC} \cdot (1 - x_{SC}^A) + W$$

o Debitul de abur secundar:

$$W = m_{SD} \cdot \left(1 - \frac{x_{SD}^A}{x_{SC}^A}\right)$$

m_{SD} - debitul soluției diluate, kg/s;

m_{SC} - debitul soluției concentrate, kg/s;

W - debitul aburului secundar, kg/s;

x_{SD}^A - concentrația solutului A în SD, kg A/kg sol.;

x_{SC}^A - concentrația solutului A în SC, kg A/kg sol.;

x^{apa} - concentrația apei, kg apa/kg sol.

Debitul de abur secundar:

$$W = m_{SD} \times (1 - x_{SD}^A/x_{SC}^A) = 120 \times (1 - 0,1/0,4) = 90 \text{ kg/min};$$

$$m_{SC} = m_{SD} \times x_{SD}^A/x_{SC}^A = 120 \times 0,1/0,4 = 30 \text{ kg/min}.$$

- **Debitul masic** de apă evaporată din soluție: $90 \text{ kg/min} = 5400 \text{ kg/h} = 1,5 \text{ kg/s}$
- **Debitul volumic** de apă evaporată din soluție: $90 \text{ kg/min} / 0,6 \text{ kg/m}^3 = 150 \text{ m}^3/\text{min} = 2,5 \text{ m}^3/\text{s} = 9000 \text{ m}^3/\text{h}$

Volumul de soluție concentrată obținut în două ore se obține transformând debitul masic în debit volumic și raportând apoi la timp:

$$\text{Debitul masic de soluție concentrată} = 30 \text{ kg/min}$$

$$\text{Debitul volumic de soluție concentrată} = 30 \text{ kg/min} / 1,18 \text{ kg/L} = 25,42 \text{ L/min}$$

Volumul de soluție concentrată obținut în 2 ore:

$$V = 2 \text{ h} \times 60 \text{ min} \times 25,42 \text{ L/min} = 3050,4 \text{ L} = 3,05 \text{ m}^3$$