

Vegyipari folyamatok modellezése (GEVGT307M)
mesterszakos vegyipari gépész hallgatók részére

Tantárgyi tematika

(2 ea. + 1 gyak.,4 kr.)

1. hét A modellezés fogalma, a modellek csoportosítása, rendszertechnikai alapfogalmak. Keverőt és hőcserélőt tartalmazó kapcsolások számítása.
2. hét Kísérlettervezési lépések bemutatása, mérési eredmények feldolgozása. Többváltozós függvényközelítés.
3. hét A hasonlóságelmélet és a dimenzióanalízis alkalmazása a vegyipari műveletek számításánál.
4. hét Az elméleti matematikai modell. A modellezésben leggyakrabban használt matematikai módszerek összefoglalása.
5. hét Műhelygyakorlat. Kisminta kísérletek a keverési műveletnél.
6. hét Üstszerű készülékmodellek.
7. hét Csőköteges hőcserélők modellezése.
8. hét A Damköhler egyenletek.
9. hét Vegyipari rendszerek szimulációja.
10. hét Zárthelyi.
11. hét Számítógépes szimuláció I. (statikus modell)
12. hét Számítógépes szimuláció II. (a rektifikálás műveletének modellezése)
13. hét Számítógépes szimuláció III. (dinamikus modell)
14. hét Pótzárthelyi, elővizsga.

Tantárgyi követelmények:

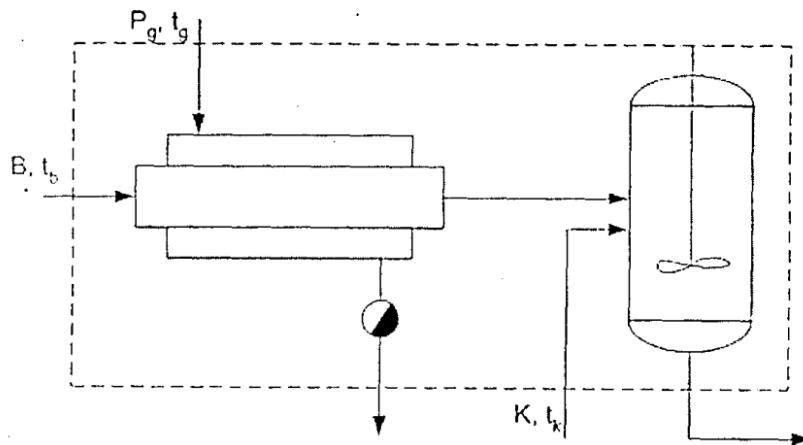
1. A tárgy lezárásának módja: aláírás + vizsga.
2. Az aláírás/gyakorlati jegy megszerzésének feltételei: az évközi zárthelyi dolgozaton legalább 50%-os teljesítmény elérése.
3. A vizsga leírása: a vizsgán egy számítógépes szimulációs feladatot kell megoldani az Unisim szoftver alkalmazásával. A feladattal kapcsolatban a vizsgáztató szóbeli kérdéseire is választ kell adni.

Ajánlott irodalom

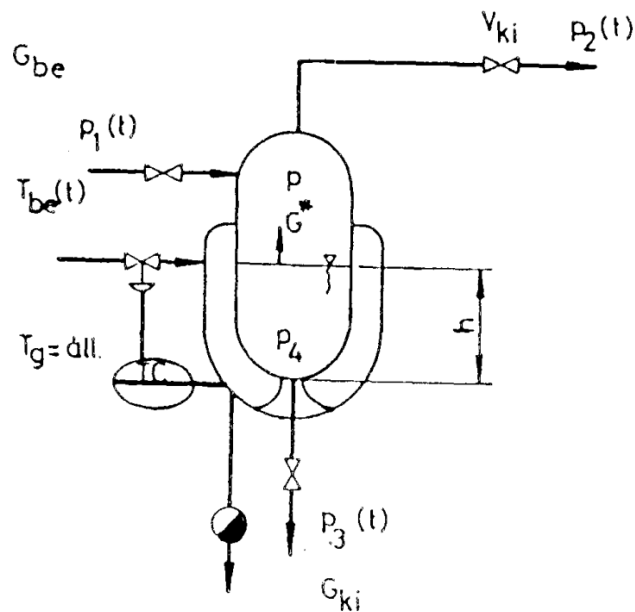
- Jakobsen, H. A.: Chemical Reactor Modeling, Springer, 2014.
Fábry Gy. - Vegyipari gépészek kézikönyve, Műszaki Könyvkiadó Bp., 1987.
Győri I. - Vegyipari rendszertechnikai feladatok, Tankönyvkiadó Bp., 1990.
Benedek P.-László A.: A vegyész-mérnöki tudomány alapjai, MK. Bp., 1964.
UniSim Design User Guide

Zárthelyi dolgozat (minta)

1. Írja fel az 1. ábrán látható technológiai kapcsolás vizsgálatára alkalmas matematikai modellt! (15 pont)
2. A dimenzióanalízis segítségével állítsa elő a nagyméretű tárolótartályok keverésénél alkalmazható dimenziómentes számok „teljes készletét”! A folyamat fizikai változói a következők: tartályátmérő, folyadékszint magasság, keverőelem átmérő, fordulatszám, keverési idő, nehézségi gyorsulás. (10 pont)
3. Írja fel a 2. ábrán látható készülék matematikai modelljét! (15 pont)
4. Milyen tagokat tartalmaz a kibővített Damköhler egyenlet? Írja fel a hőre vonatkozó egyenletet! (10 pont)



1. ábra



2. ábra

A zárthelyi dolgozat megoldása

1. Hőcserélő

$$Bc_b(t_{hk} - t_b) = Gr = kA\Delta T$$

$$\Delta T \approx t_g - \frac{t_{hk} + t_k}{2}$$

Keverő

$$Bc_b t_{hk} + Kc_k t_k = (B+K)c t_{ki} \quad /c_b \approx c_k \approx c/$$

2. A folyamatot jellemző fizikai változók az alapegységek dimenziójának hatványsszorozatával kifejezve:

$$\begin{aligned} [\tau] &= T & [D] &= L \\ [n] &= T^{-1} & [H] &= L \\ [d] &= L & [g] &= LT^{-2} \end{aligned}$$

Írjuk fel a dimenziómátrixot:

$$\begin{array}{l} y_1 [H] \\ y_2 [\tau] \\ y_3 [n] \\ y_4 [d] \\ y_5 [D] \\ y_6 [g] \end{array} \begin{array}{c} [L] \\ [T] \\ [L] \\ [L] \\ [L] \\ [L] \end{array} \begin{array}{c} [T] \\ [T] \\ [T^{-1}] \\ [L] \\ [L] \\ [L] \end{array} \begin{array}{c} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \\ z_5 \\ z_6 \end{array} \left. \begin{array}{l} \begin{array}{cc} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 1 & -2 \end{array} \\ \rightarrow \begin{array}{l} y_1 = z_1 \\ y_2 = z_2 \\ y_3 = -z_2 \\ y_4 = z_1 \\ y_5 = z_1 \\ y_6 = z_1 - 2z_2 \end{array} \end{array} \right\} \begin{array}{l} y_3 = -y_2 \quad (1) \\ y_4 = y_1 \quad (2) \\ y_5 = y_1 \quad (3) \\ y_6 = y_1 - 2y_2 \quad (4) \end{array}$$

$$(1) \quad y_3 + y_2 = 0 \rightarrow \ln n + \ln \tau = 0 \rightarrow \pi_1 = n\tau$$

$$(2) \quad y_4 - y_1 = 0 \rightarrow \ln d - \ln H = 0 \rightarrow \pi_2 = \frac{d}{H}$$

$$(3) \quad y_5 - y_1 = 0 \rightarrow \ln D - \ln H = 0 \rightarrow \pi_3 = \frac{D}{H}$$

$$(4) \quad y_6 - y_1 + 2y_2 = 0 \rightarrow \ln g - \ln H + 2\ln \tau = 0 \rightarrow \pi_4 = \frac{g\tau^2}{H}$$

3. feladat

$$G_{be} - G_{ki} - G^{\#} = A \varphi \frac{dh}{dt} \quad (1) \quad \text{a folyadék fázis tömegmérlege}$$

$$G^{\#} - V_{ki} = \frac{dm_g}{dt} \quad (2) \quad \text{a gőzfázis tömegmérlege}$$

$$V_{ki} = k_1 \sqrt{(p - p_2) \rho} \quad (3) \quad \text{a kilépő gőzáram}$$

$$G_{be} = k_2 \sqrt{p_1 - p} \quad (4) \quad \text{a belépő folyadékáram}$$

$$G_{ki} = k_3 \sqrt{p_4 - p_3} \quad (5) \quad \text{a kilépő folyadékáram}$$

$$p_4 = p + h \cdot \gamma \quad (6) \quad \text{a hidrosztatikai nyomás a kilépésnél}$$

$$k F (T_g - T) + G_{be} c_{T_{be}} - G_{ki} c_T - G^{\#} (cT + r) = A \varphi c \frac{d(hT)}{dt} \quad (7) \quad \text{a folyadékfázis hőmérlege}$$

$$p = f(T) \quad (8) \quad \text{a tenzió függvény}$$

$$pV_g = \frac{m_g}{M} RT \quad (9) \quad \text{a gőz állapotegyenlete}$$

$$V_g = V_e - Ah \quad (10) \quad \text{a fázisok térfogatainak kapcsolata}$$

Ismeretlenek: G_{be} , G_{ki} , $G^{\#}$, h , V_{ki} , m_g , p , p_4 , T , V_g (10 db)

Egyértelműségi feltételek:

kezdeti feltételek: $t = 0$, $h = h_0$, $T = T_0$,

peremfeltételek: $p_1 = p_1(t)$

$$p_2 = p_2(t)$$

$$p_3 = p_3(t)$$

$$T_{be} = T_{be}(t)$$

$$T_g = \text{áll.}$$

4. feladat

A kibővített Damköhler egyenlet szavakban:

konvekció + vezetés + átadás + forrás = lokális megváltozás

hőre:

$$\text{div} [(\rho c_p T) \vec{v}] + \text{div} [-\lambda \text{grad } T] + \alpha \Omega \Delta T + \nu_i r \Delta H =$$

$$= - \frac{\partial (\rho c_p T)}{\partial \tau} \rightarrow C_V !!$$

Vegyipari folyamatok modellezése (GEVGT307M)

Vizsgázárhelyi

Feladat: Ammóniával szennyezett levegő tisztítása

Végezze el az ammóniával szennyezett levegő tisztítását egy abszorber segítségével víz közeget alkalmazva Unisim Design környezetben! A mosókolonna fenéktermékeként távozó ammóniával szennyezett vizet deszorber segítségével tisztítsa meg!

- Határozza meg, hogy mennyi lesz az abszorber fejtermékében és a deszorber fenéktermékében mennyi lesz az ammónia móltörtje?
- A deszorber fejtermékében mennyi víz távozik a rendszerből?
- A deszorber fenéktermékeként távozó tisztított vizet, vezesse vissza a folyamat elejére!

Alapadatok:

Ammóniával szennyezett levegő: $\dot{m} = 7 \text{ t/h}$
 $T = 10 \text{ °C}$
 $p = 6,2 \text{ bar}$
 $x_{\text{NH}_3} = 0,1$

Víz: $\dot{m} = 15 \text{ t/h}$
 $T = 15 \text{ °C}$
 $p = 6,2 \text{ bar}$

Abszorber: Tányérok száma: 10 db
 Kolonna nyomása: 6 bar

Deszorber: Tányérok száma: 10 db
 Kolonna nyomása: 1 bar
 Boil up ratio: 0,3

Megoldás:

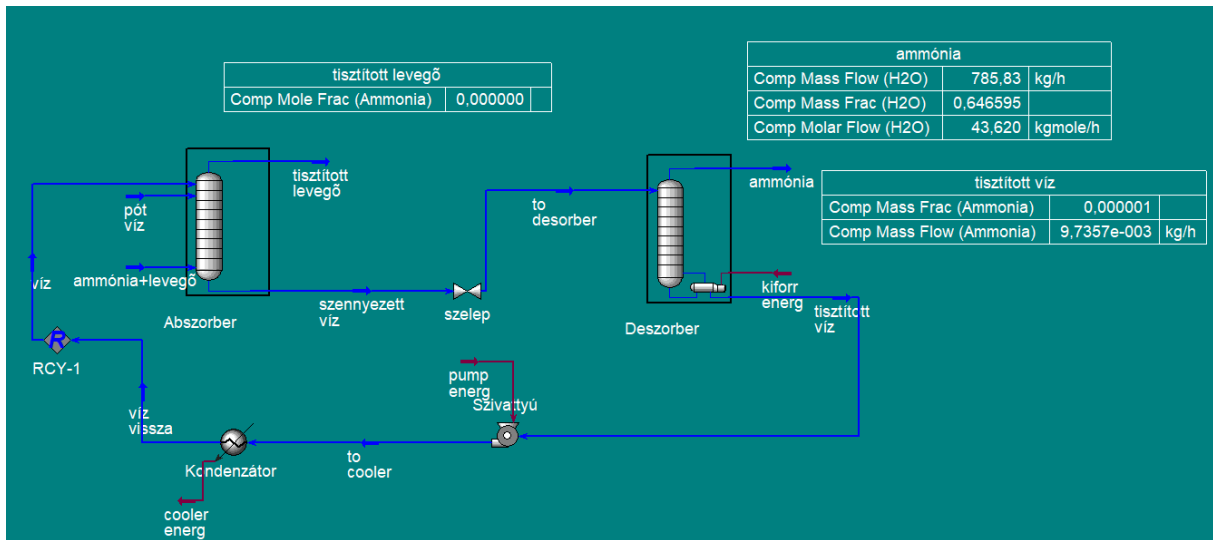
Fluid Package választása: SourSRK

Ammónia móltörtje:

- abszorber fejtermékben: $x_{\text{NH}_3} = 0$
- deszorber fenéktermékben: $x_{\text{NH}_3} = 0,000001$

Deszorber fejtermékében a víz tömegárama: 786 kg/h

Ahhoz, hogy visszavezessük a vizet, szükséges lehűteni 15°C-ra és a nyomását megnövelni 6 barra, tehát a modellbe beépítendő egy hűtő és egy szivattyú. Egy áram visszavezetése a Unisim Design szoftverben a Recy virtuális elem beépítésével történik.



1. ábra Ammónia-deszorber kör kapcsolási rajz