

Vegyipari rendszertechnika (GEVGT 014-B)
alapszakos vegyipari gépész hallgatók részére

Tantárgyi tematika

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

1. hét A modellezés fogalma, a modellek csoportosítása, rendszertechnikai alapfogalmak. Keverőt és hőcserélőt tartalmazó kapcsolások számítása.
2. hét Kisminta kísérletek, a mérési eredmények feldolgozása.
3. hét A hasonlóságelmélet és a dimenzióanalízis alkalmazása a vegyipari műveletek számításánál.
4. hét Technológiai rendszerek szabadsági foka. Az elméleti matematikai modell.
5. hét Műhelygyakorlat (keverési és szűrési feladatok).
6. hét Üstszerű készülékmodellek.
7. hét 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. (dinamikus)
13. hét Vegyipari rendszerek dokumentációi, csővezetéki szerelvények.
14. hét Szabályzás és folyamatirányítás.

Tantárgyi követelmények:

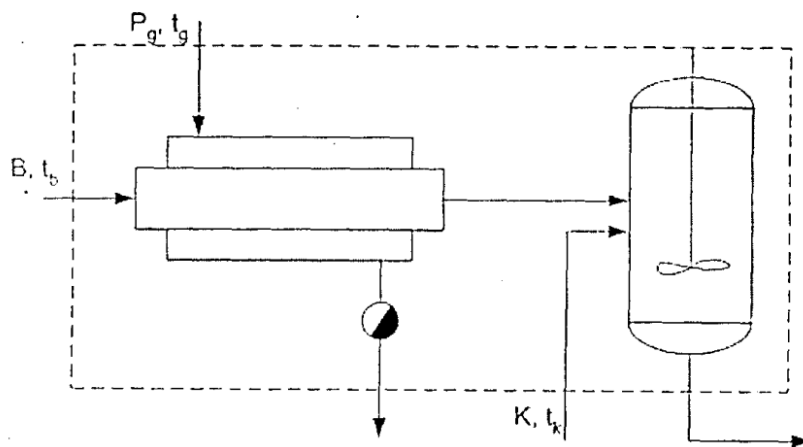
1. A tárgy lezárásának módja: aláírás + vizsga.
2. Az aláírás/gyakorlati jegy megszerzésének feltételei: az évközi zárthelyi dolgozaton legalább 50%-os teljesítmény elérése.
3. A vizsga leírása: a vizsgán egy számítógépes szimulációs feladatot kell megoldani az Unisim szoftver alkalmazásával. A feladattal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

Ajánlott irodalom

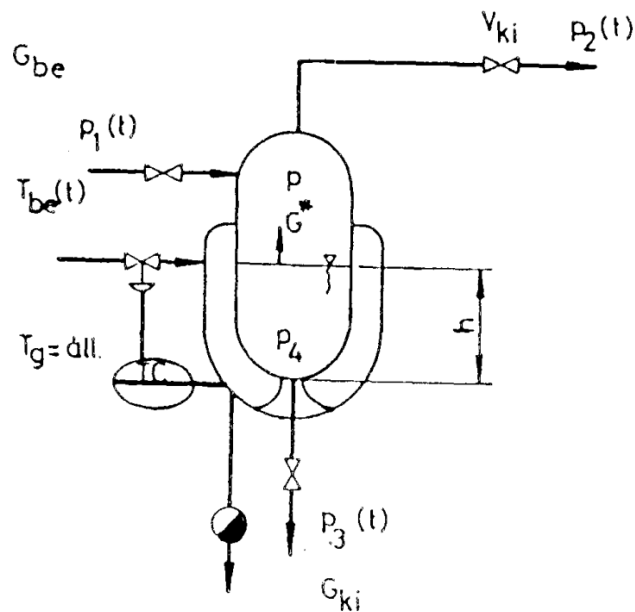
- Jakobsen, H. A.: Chemical Reactor Modeling, Springer, 2014.
Fábró Gy. - Vegyipari gépészek kézikönyve, Műszaki Könyvkiadó Bp., 1987.
Gyóri I. - Vegyipari rendszertechnikai feladatok, Tankönyvkiadó Bp., 1990.
Benedek P.-László A.: A vegyészmérnöki tudomány alapjai, MK. Bp., 1964.
UniSim Design User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

$$Bc_b t_{hk} + Kc_k t_k = (B+K)c t_{ki}$$

$$/c_b \approx c_k \approx c /$$

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

$$[\tau] = T \quad [D] = L$$

$$[n] = T^{-1} \quad [H] = L$$

$$[d] = L \quad [g] = LT^{-2}$$

Írjuk fel a dimenziómátrixot:

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

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

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

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

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

3. feladat

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

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

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

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

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

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

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

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

$$p V_g = \frac{m_g}{M} R T \quad (9) \quad \text{a gőz állapotegyenlete}$$

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

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:

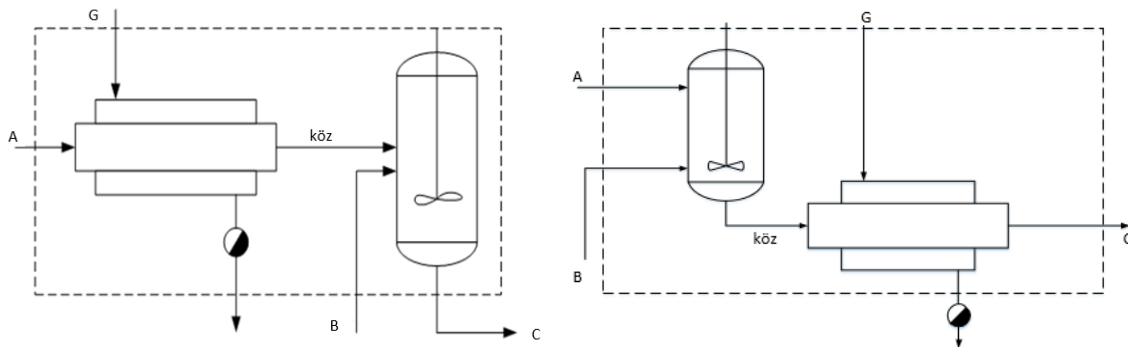
$$\text{div} [(\rho c_p T) \vec{v}] + \text{div} [-\lambda \text{grad } T] + \alpha \Omega \Delta T + \nu_i r \Delta H =$$

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

Vizsgázárthelyi

Feladat: Hőcserélő-keverő és Keverő-hőcserélő kapcsolat elkészítése Unisim Design környezetben

- A. Készítse el UniSim Design segítségével a látható modellt az adott paraméterek felhasználásával! A modell mellett táblázatos formában jelenítse meg a közbenső és a C anyagáramok tömegáramát és hőmérsékletét! Mennyi gőzt [kg/h] szükséges a hőcserélőbe bevezetni? Ezt jelöljük az ábrán!



1. ábra Hőcserélő-keverő (A) és Keverő-hőcserélő (B) kapcsolat

Alapadatok:

A anyagáram: $\dot{m} = 2 \text{ t/h}$
 $T = 30 \text{ °C}$
 $p = 3 \text{ bar}$

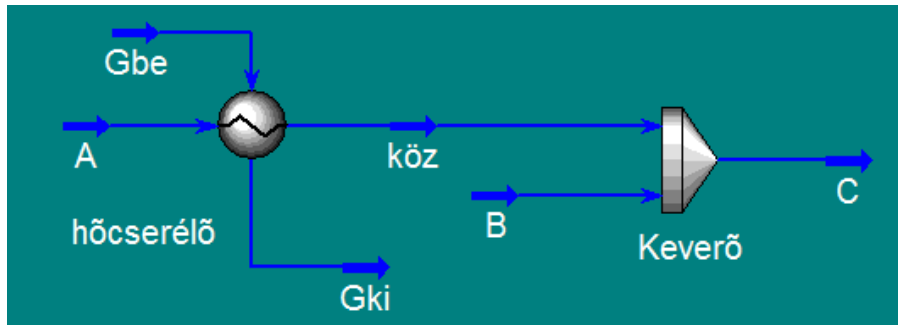
B anyagáram: $\dot{m} = 5 \text{ t/h}$
 $T = 10 \text{ °C}$
 $p = 3 \text{ bar}$

Hőcserélő: Csőoldali belépő anyagáram: A
Csőoldali kilépő anyagáram: közbenső
Köpenyoldali belépő anyagáram: $G_{\text{özbe}}$
Köpenyoldali kilépő anyagáram: $G_{\text{özki}}$
Hőátadó felület: $A_h = 3 \text{ m}^2$
Hőátbocsátási tényező: $k = 400 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
 $T_{\text{göz}} = 120 \text{ °C}$

- B. Készítse el UniSim Design segítségével a keverő-hőcserélő kapcsolást is az előzőekben alkalmazott paraméterekkel ! A modell mellett írassuk ki táblázatos formában a közbenső és a C anyagáramok tömegáramát és hőmérsékletét! Mennyi gőzt [kg/h] szükséges a hőcserélőbe bevezetni?

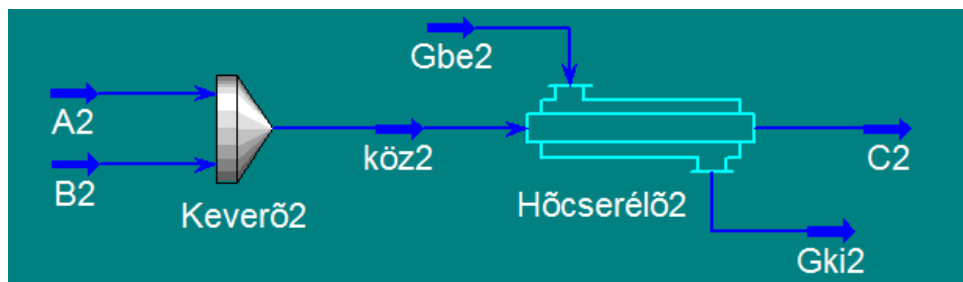
Megoldás:

Fluid Package választása: Peng-Robinson



2. ábra Hőcserélő-keverő kapcsolat

- A. Közbenső anyagáram: $\dot{m} = 2 \text{ t/h}$
 $T = 65,41 \text{ }^\circ\text{C}$
- C anyagáram: $\dot{m} = 7 \text{ t/h}$
 $T = 25,84 \text{ }^\circ\text{C}$
- Gőz mennyisége: 138 kg/h



3. ábra Keverő-hőcserélő kapcsolat

- B. Közbenső anyagáram: $\dot{m} = 7 \text{ t/h}$
 $T = 15,71 \text{ }^\circ\text{C}$
- C anyagáram: $\dot{m} = 7 \text{ t/h}$
 $T = 29,61 \text{ }^\circ\text{C}$
- Gőz mennyisége: 188,9 kg/h