

# IC - notatki całość

surowce + energia -> [ ] -> produkty + odpady

[ ] - instalacja chemiczna:

- Wiedza
- Umiejętności
- Nawyki/Postawy (?)

Energia:

- ciepła
  - płaszcze grzejno-chłodzące
  - pary cieplne
  - chłodzenie - azot, hel
- mechaniczna
  - układy pneumatyczne - nawozy, żywność
  - układy hydrauliczne

Piss chemistry i przypowieść o soku jabłkowym

Wysokociśnieniowy ekstraktor do związków organicznych - ekspres do kawy

Wiedza o materii, wiedza chemiczna:

- statyka chemiczna - wygląd, zapach, temperatura topnienia, palność, rozpuszczalność itd.
- termodynamika chemiczna - reakcje egzo- i endotermiczne
- kinetyka chemiczna
- procesy i operacje - krystalizacja, destylacja itd.
- technologia
- aparatura i urządzenia - odstojnik, filtr
- projektowanie procesów technologii, instalacji - koszty
- wiedza o budowie instalacji
- wiedza o eksploatacji instalacji - koszty

ZTE - założenia techniczno-ekonomiczne - analiza

PP - projekt procesowy - robiony przez chemików inżynierów

PT - projekt techniczny - robiony przez biura projektowe

C.d. gałęzi wiedzy o materii:

- AKP - aparatura kontrolno-pomiarowa
- UAR - układy automatycznej regulacji

Stadia projektowania:

- ZTE (założenia techniczno-ekonomiczne)
- PP (projekt procesowy)
- PT (projekt technicznych)

4 prawa projektanta:

- maksymalnie wykorzystujemy surowce
- maksymalnie wykorzystujemy energię
- maksymalnie wykorzystujemy aparaturę
- zachowujemy umiar technologiczny (nie projektujemy "gigantów")

Zazwyczaj kilka mniejszych instalacji zużywa mniej energii niż jedna duża o tym samym przerobie

## Spis treści dokumentacji projektowej: PP - projekt procesowy

1. Wprowadzenie
  1. Zdolność produkcyjna
  2. Lokalizacja

3. Dokumentacja badawcza
2. Produkt
3. Surowce
4. Przebieg procesu produkcyjnego
  1. Opis przyjętego rozwiązania aparaturowego
  2. Opis przebiegu procesu technologicznego
  3. Indywidualne parametry procesów i operacji jednostkowych
  4. Bilas materiałowy
  5. Wskaźniki zużycia surowców
5. Aparatura
  1. Schemat technologiczno-aparaturowy
  2. Uzasadnienie doboru aparatów i urządzeń
  3. Specyfikacja podstawowych aparatów i urządzeń
  4. Zestawienie rurociągów i armatury
  5. Charakterystyka produkcji z punktu widzenia korozji i erozji
  6. Założenia konstrukcyjne dla aparatów i urządzeń wymagających indywidualnego konstruowania
  7. Koncepcja rozmieszczenia przestrzennego aparatury
6. Kontrola procesu
  1. Kontrola technologiczna
  2. Aparatura kontrolno-pomiarowa
7. Czynniki energetyczne
  1. Bilans energetyczny
  2. Zestawienie czynników energetycznych
8. Odpady i ścieki
9. Zatrudnienie
10. Ochrona i zabezpieczenie przeciwpożarowe
11. Ekonomia procesu
  1. Szacunkowe określenie nakładów inwestycyjnych
  2. Kalkulacja kosztów produkcji
12. Załączniki
13. Literatura

## Wzór tytułu projektu procesowego

Projekt procesowy instalacji o działaniu  $a$  do otrzymywania  $b$  o zdolności produkcyjne  $c$  Mg produktu na rok

$a$  - ciągłym/okresowym,  $b$  - nazwa produktu,  $c$  - ilość produktu otrzymana w ciągu roku

## Wprowadzenie do PP

We **wprowadzeniu** do PP muszą być podane:

1. Co otrzymujemy - produkt
2. Co otrzymujemy dodatkowo - produkty uboczne
3. Z czego otrzymujemy - surowce
4. Ilość produktu głównego - zdolność produkcyjna instalacji: w Mg produktu/rok
5. Sposób pracy instalacji - ciągły/okresowy
6. Analiza zapotrzebowania rynku: kraj/eksport, ilość/jakość. Bonus - innowacyjność.
7. Odpady - zagospodarowanie odpadów/utyliczacja, koszty/zyski
8. Bezpieczeństwo techniczne i procesowe instalacji

Można oznaczać zdolność produkcyjną ale też zdolność przerobową.

## Zdolność produkcyjna instalacji

Przeliczenie *Zdolności Produkcyjnej Rocznej* (ZPR) instalacji (wartość bilansowa, ekonomiczna w skali roku) na *Zdolność Produkcyjną Godzinową* (ZPH) instalacji o działaniu ciągłym (kg produktu na godzinę) lub na *Zdolność Produkcyjną na Szarżę* instalacji o działaniu okresowym (kg produktu na szarżę)

## Instalacja o działaniu ciągłym

$$ZPH = \frac{ZPR}{7200} [kg/h]$$

$$365[day] - 65(doby\ postojowe)[day] = 300[day] \cdot 24[h] = 7200[h]$$

| postój  | doby |
|---|------|
| mycie instalacji (1 doba/tydzień)             | 52   |
| przeglądy i remonty okresowe (1 doba/kwartał) | 4    |
| przewy awaryjne (1 doba/kwartał)              | 4    |
| inne (klimat, ludzie, polityka)               | 5    |
| Razem   | 65   |

Instalacja o działaniu okresowym

$$ZPSz = \frac{ZPR}{N} [\frac{kg}{szarż}]$$

N - liczba szarż w ciągu roku. Przy określaniu N bierzemy pod uwagę: liczbę dób pracy instalacji przyjęte przez projektanta, liczbę zmian na dobę i liczby szarż na zmianę

np.  $800\ szarż = 200\ dób\ pracy \cdot 2\ zmiany/dobę \cdot 2\ szarże/zmianę$

ZPH i ZPSz wygodnie istotnie zaokrąglać w górę

Lokalizacja

- infrastruktura + media
- zasoby ludzkie - kto będzie pracował ? Wykwalifikowana kadra - miasta. Tłumoki - wieś.
- dostępność surowców
- rynek zbytu
- logistyka
- położenie geograficzne
- ochrona środowiska

Dokumentacja

- charakterystyki materiałów
- wyniki badań
- pozwolenia
- ekspertyzy

ŻŻP: sS54zZ2x`

Produkty i surowce

Należy podać:

- Charakterystykę produktu/surowca
  - nazwa handlowa
  - główny składnik
  - skład chemiczny
  - norma jakości
  - stan skupienia
  - charakterystyka bezpieczeństwa
    - palny/niepalny
    - trujący/nietrujący
    - wybuchowy/niewybuchowy
- Wytyczne do magazynowania
  - zbiornik (ciecz/ciało stałe/gaz)
  - hałda (ciało stałe)
  - opakowanie specjalne (materiał, wielkość, itp.)
- Wytyczne do przechowywania
  - parametry otoczenia magazynowego produktu lub surowca (temperatura, atmosfera, wilgotność, podciśnienie, itp.)

Magazynowanie ciał stałych:

- na hałdzie, gdy nie stanowi zagrożenia i się nie pyli
- w zbiornikach (wysokich, ze stożkiem u dołu), gdy się pyli lub stanowi jakieś zagrożenie

## Przykład wykładowy

Do instalacji o działaniu ciągłym podaje się dwa surowca:

**S1:** roztwór wodny o strumieniu masy  $\dot{m}_{S1} = 1000 \text{ kg/h}$  i gęstości  $1070 \text{ kg/m}^3$ . Skład roztworu: 10% mas. A, 5% mas. B, 5% mas. C, 80%  $H_2O$ .

**S2:** roztwór wodny o strumieniu masy  $\dot{m}_{S2} = 2000 \text{ kg/h}$  i gęstości  $1035 \text{ kg/m}^3$ . Skład roztworu: 10% mas. B, 5% mas. D, 85%  $H_2O$ .

Surowce wprowadza się do mieszalnika - reaktora, w którym zachodzi reakcja chemiczna:

$$\frac{1}{2}A + D = E$$

z wytworzeniem trudno rozpuszczalnej substancji E. W mieszalniku-reaktorze odparowuje również woda w strumieniu masy  $\dot{m}_{H_2O} = 500 \text{ kg/h}$ . Gęstość zawiesiny w mieszalniku-reaktorze wynosi  $1250 \text{ kg/m}^3$

Uwaga, zamiast konkretnych wzorów chemicznych składników układu podano ich zakodowane nazwy A,B,C itd.; chodzi o uogólnienie zasad projektowania.

## Opis przyjętego rozwiązania aparaturowego - schemat ideowy procesu

- operacje jednostkowe (czynność fizyczna)
- procesy jednostkowe (czynność chemiczna)

| S1  | S2   |
|---|--|
| ↓   | ↓  |
| magazynowanie S1 (T=21[°C], p=1[atm])                                   | magazynowanie S2 (T=21[°C], p=1[atm])            |
| ↓   | ↙  |
| mieszanie, wytrącanie E, odparowanie wody, krystalizacja E (T=100, p=1) | → opary  |
| ↓   |  |
| filtracja (T=100, p<1)  | ← przemywanie wodą                               |
| ↓   | ↘  |
| magazynowanie produktu (T=21, p=1)                                      | magazynowanie roztworu macierzystego (T=21, p=1) |
| ↓   | przemysł ↗                                       |
| ↓   | ↘  |
| produkt E   | roztwór macierzysty                              |

Uwagi:

- w prostokątach operacji/procesów podajemy nazwę czynności a nie aparatu
- w prostokątach podajemy temperaturę procesu (lewy dolny róg) i ciśnienie w procesie (prawy dolny róg)
- przemysł, przemywanie wodą, opary nie mają prostokątów - nie magazynujemy niczego

## Opis przebiegu procesu technologicznego, indywidualne parametry procesów i operacji jednostkowych

Bajka. To co wyżej tylko zdaniami.

w bilansie materiałowym, nie będzie filtracji - jest za trudna

21-22.11. może być na konferencji - wykład zdalny

Egzamin 06.02.23 9:00 - A3, s.220

## Przykład wykładowy

Do instalacji o działaniu ciągłym podaje się dwa surowca:

**S1:** roztwór wodny o strumieniu masy  $\dot{m}_{S1} = 1000 \text{ kg/h}$  i gęstości  $1070 \text{ kg/m}^3$ . Skład roztworu: 10% mas. A, 5% mas. B, 5% mas. C, 80%  $H_2O$ .

**S2:** roztwór wodny o strumieniu masy  $\dot{m}_{S2} = 2000 \text{ kg/h}$  i gęstości  $1035 \text{ kg/m}^3$ . Skład roztworu: 10% mas. B, 5% mas. D, 85%  $H_2O$ .

Surowce wprowadza się do mieszalnika - reaktora, w którym zachodzi reakcja chemiczna:

$$\frac{1}{2}A + D = E$$

z wytworzeniem trudno rozpuszczalnej substancji E. W mieszalniku-reaktorze odparowuje również woda w strumieniu masy  $\dot{m}_{H_2O} = 500 \text{ kg/h}$ . Gęstość zawiesiny w mieszalniku-reaktorze wynosi  $1250 \text{ kg/m}^3$

Uwaga, zamiast konkretnych wzorów chemicznych składników układu podano ich zakodowane nazwy A,B,C itd.; chodzi o uogólnienie zasad projektowania.

## Bilans materiałowy

1. Magazynowanie surowca S1
  1. IN - 1000 kg/h [A=100kg/h, B=50kg/h, C=50kg/h,  $H_2O$ =800kg/h]
  2. OUT - ditto
2. Magazynowanie surowca S2
  1. IN - 2000 kg/h [B=200kg/h, D=100kg/h,  $H_2O$ =1700kg/h]
  2. OUT - ditto
3. Mieszanie, wytrącanie substancji E, odparowanie wody, krystalizacja substancji E
  1. IN - 3000 kg/h [A=100kg/h, B=250kg/h, C=50kg/h, D=100kg/h  $H_2O$ =2500kg/h]
  2. OUT -
    1. Roztwór macierzysty - 2350 kg/h [A=50kg/h, B=250kg/h, C=50kg/h,  $H_2O$ =2000 kg/h]
    2. Faza stała - E=150kg/h; (roztwór macierzysty + faza stała = zawiesina)
    3. Opary -  $H_2O$  =500kg/h
4. Filtracja
  1. IN - zawiesina 2500kg/h
    1. Roztwór macierzysty - 2350 kg/h [A=50kg/h, B=250kg/h, C=50kg/h,  $H_2O$ =2000 kg/h] (A=2.13%, B=10.6%, C=2.13%,  $H_2O$ =85.1% )
    2. Faza stała - E=150kg/h; (roztwór macierzysty + faza stała = zawiesina)
  2. OUT -
    1. "Globalna" faza stała -  $GFS = q_{RM} + FS - q_{FS}$  takie, że  $\frac{q_{RM}}{q_{RM} + FS} = 0.2$ , a  $\frac{q_{FS}}{q_{FS} + RM} = 0.03$   
 $q_{RM} = 37.5, q_{FS} = 72.7, GFS = 114,8$
    2. "Globalny" roztwór macierzysty -  $GRM = q_{FS} + RM - q_{RM}$   
 $GRM = 2385.2$   
[A=49.3, B=245.1, C=49.3, E=72.7,  $H_2O$ =1968]

## Wskaźniki zużycia produktów

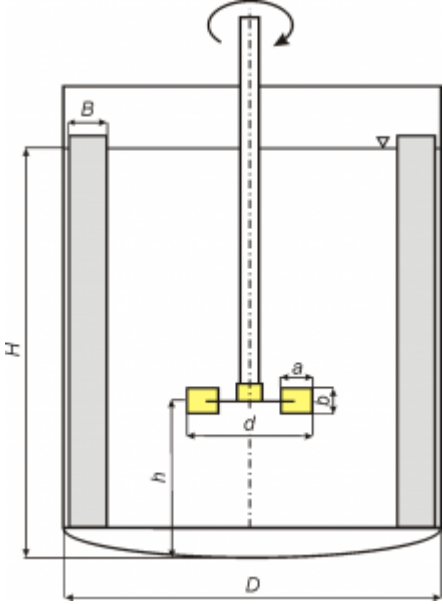
| Strumień | kg/h | kg/dobę | kg/kg produktu                    |
|----------|------|---------|-----------------------------------|
| S1       | a    | 24a     | $\frac{a}{\text{ilość produktu}}$ |
| S2       | b    | 24b     | $\frac{b}{\text{ilość produktu}}$ |

| Strumień | kg/h | kg/dobę | kg/kg produktu |
|----------|------|---------|----------------|
| S1       | 1000 | 24000   | 8.71           |
| S2       | 2000 | 48000   | 17.42          |

Zasnąłem na przycisku "enter" i usunąłem pół wykładu. Potem mi się odechciało notować.

Nie było mnie - grałem w filmie





- d – średnica mieszadła, m
- D – średnica mieszalnika, m
- H – wysokość słupa cieczy, m
- B – szerokość przegrody, m
- h – wysokość zawieszenia mieszadła, m
- a – długość łopatki mieszadła, m
- b – wysokość łopatki mieszadła, m

Mieszadło-jebadło

| Parametr   | wartość w przykładzie |
|--|-----------------------|
| liczba łopatek <i>z</i>                            | 6                     |
| średnica mieszadła $d_m = \frac{D}{3.2}$           | 562.5 mm              |
| wysokość łopatki $b = \frac{d_m}{8}$               | 112.5 mm              |
| długość łopatki $a = \frac{d_m}{4}$                | 140.6 mm              |
| wysokość umieszczenia mieszadła nad dnem $h = d_m$ | 562.5 mm              |
| prędkość obrotowa mieszadła <i>n</i>               | 5 $\frac{1}{s}$       |

Przykład

|Parametr| wartość|  
|-|-|  
|S1|2000|  
|S2|1000|  
|S3|1000|  
|ρ|1060 kg/m3|  
|t|2h|  
|α|0.70|  
|Ne|6.2|

$m = \Sigma_i(S_i) \cdot t$

$V_r = \frac{m}{\rho}$

$V_c = \frac{V_r}{\alpha}$

$V_r = \frac{\pi D^2 H_r}{4}$

Najkorzystniej jak  $H_r = D$

$D = H_r = (\frac{4V_r}{\pi})^{\frac{1}{3}}$

Założyć rzeczywiste D i obliczyć nowe  $H_r$

$H_r = \frac{4V_r}{\pi D^2}$

Średnica mieszadła:

$$d_m = \frac{D}{3.2}$$

Moc mieszania:

$$P = Ne \cdot n^3 \cdot d_m^5 \cdot \rho$$

$$P_{el} = \frac{P}{\eta_p \eta_d}$$

(liczba newtona, sprawność przekładni i sprawność dławicy)

## Pompy

Prawdziwy Kiler nie ma pęcherza, ma pompę

Rodzaje pomp:

- tłokowe - podnoszą ciecz na duże wysokości, wykorzystują duże ciśnienia, charakteryzują się małymi przepływami
- wirowe - duże strumienie cieczy przy małych wysokościach podnoszenia i małym ciśnieniu

Każdą pompę charakteryzują dwa parametry:

- wydajność pompy (strumień przenoszonej objętości)
- wysokość podnoszenia (wysokość geometryczna i wysokość strat)

Zaproponuj rozwiązanie węzła technologicznego w projektowanej instalacji - podaj stosowne wartości projektowe poniższego zadania projektowego.

Do mieszalnika o działaniu ciągłym poda się dwa surowce S1 i S2, którymi są klarowne roztwory wodne o składzie:

S1: 12% mas. A, 8% mas. B, 80 mas.  $H_2O$  -  $\rho = 1020 \text{ kg/m}^3$

S2: 10% mas. B, 10% mas. C, 2% mas. D, 78% mas.  $H_2O$  -  $\rho = 1035 \text{ kg/m}^3$

Produktem jest klarowny roztwór wodny składników A,B,C i D -  $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$ . Instalacja pracuje w temperaturze otoczenia pod ciśnieniem atmosferycznym. Surowce S1 i S2 podaje się do instalacji w ilości S1 - 2000 kg/h i S2 - 1000 kg/h, magazynując je przejściowo w zbiornikach pionowych.

Oblicz:

1. Wysokość wypełnienia (roboczą) zbiornika do magazynowania surowca S1, wiedząc, że czas magazynowania roztworu S1 wynosi 2 godziny, współczynnik wypełnienia wynosi 0.70 a stosunek wysokości całkowitej zbiornika do jego średnicy należy przyjąć wstępnie za równy 4.1. Wynik podać w mm.
2. Wysokość wypełnienia (roboczą) zbiornika mieszalnika surowców S1 i S2 wiedząc, że czas przebywania mieszaniny produktowej w mieszalniku wynosi 1.5 godziny, współczynnik wypełnienia wynosi 0.75, a stosunek wysokości całkowitej zbiornika mieszalnika do jego średnicy należy przyjąć wstępnie za równy 1.3. Wynik podać w mm.
3. Wysokość podnoszenia (tłoczenia) pompy podającej surowiec S1 ze zbiornika magazynowania do mieszalnika wiedząc, że dno zbiornika magazynowania i pompa są usytuowane na tym samym poziomie, a dno zbiornika mieszalnika jest usytuowane 8 m powyżej dna zbiornika magazynowania surowca S1. Doprowadzenie surowca S1 do mieszalnika usytuowanego na poziomie zwierciadła cieczy w mieszalniku. Straty ciśnienia  $\Delta p_{strat}$  proszę przyjąć za równe 3m. Wynik podać z dokładnością do 0.1m.
4. Wydajność pompy z pytania 3 (w  $\text{m}^3/\text{h}$  z dokładnością do 0.1)
5. Podaj wytyczne do doboru tej pompy  $q_v [\text{m}^3/\text{h}]$  i  $H [\text{m}]$  na podstawie obliczeń wysokości podnoszenia (pyt. 3) i obliczeń wydajności pompy (pyt. 4)

## rysunek w zeszycie

Ad. 1

$$m = 2000 \text{ kg/h} \cdot 2 \text{ h} = 4000 \text{ kg}$$

$$V_r = \frac{4000}{1020} = 3.92 \text{ m}^3$$

$$V_c = \frac{V_r}{\alpha} = 5.60 \text{ m}^3$$

$$V_c = \frac{\pi D^2 H}{4}$$

$$\frac{H}{D} = 4.1$$

$$D = 1.2027 \text{ m}$$

przyjęto  $D = 1.200 \text{ m}$

$$V_r = \frac{\pi D^2}{4} H_r$$

$$H_r = 3.467 \text{ m}$$

Ad. 2



$$S = S_1 + S_2 = 2000 + 1000 = 3000 \text{ kg/h}$$

$$m = S \cdot \tau = 3000 \cdot 1.5 = 4500 \text{ kg}$$

$$V_r = \frac{m}{\rho} = \frac{4500}{1025} = 4.39 \text{ m}^3$$

$$V_r = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = H_r - \text{podstawowe założenie mieszalnika}$$

$$D = 1.7750 \text{ m}$$

$$\text{przyjęto } D = 1.800 \text{ m}$$

$$\text{Dla przyjętego } D, H_r = 1.7260 \text{ m}$$

Ad. 3

$$H = H_{r2} + 8 - H_{r1} + \Delta p_{strat} = 1.7260 + 8 - 3.467 + 3 = 9.3 \text{ m}$$

Ad. 4

$$q_{VS1} = \frac{q_{S1}}{\rho_{S1}} = \frac{2000}{1020} = 1.96 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{przyjmujemy } q_{VS1} = 2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Ad. 5

$$q_V = 3 - 4 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 10 - 11 \text{ m}$$

## Strumienie ciepła

$$\Theta[\text{kJ}/\text{h}] = q[\text{kg}/\text{h}]c_s[\text{kJ}/\text{kg}/^\circ\text{C}]T[^\circ\text{C}]$$

$$\Theta[\text{kJ}/\text{h}] = q[\text{kg}/\text{h}]\Delta H[\text{kJ}/\text{kg}]$$

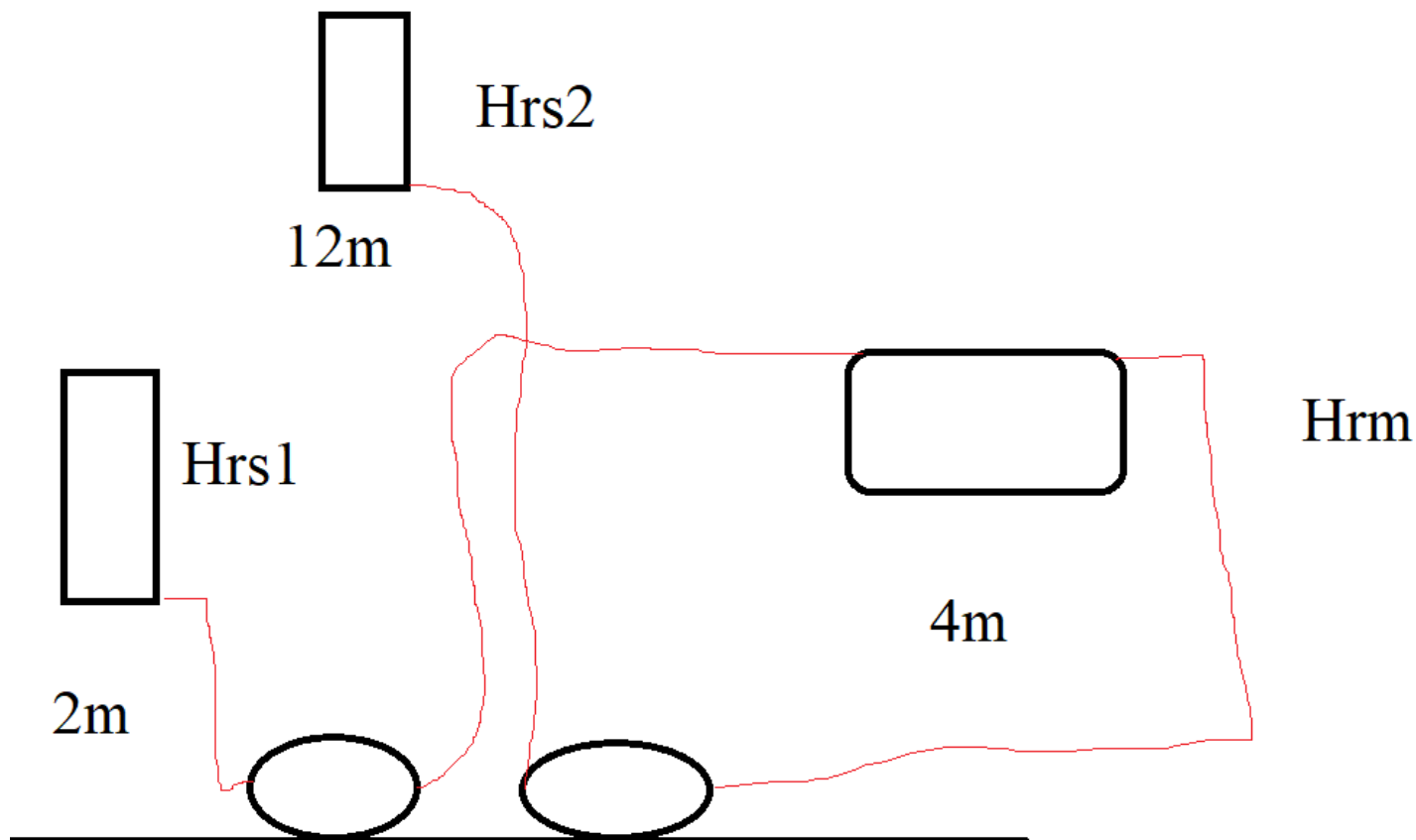
W projektowanej instalacji do otrzymywania pewnego produktu, do reaktora przepływowego z mieszadłem wprowadza się dwie strugi reagentów R1 i R2. Ciepło wnoszone do reaktora z tymi reagentami wynosi odpowiednio: 3000 kJ/h i 8000 kJ/h. W reaktorze zachodzi endotermiczna reakcja chemiczna, której strumień ciepła wynosi 4200 kJ/h. W reaktorze następuje równocześnie odparowanie wody, a strumień ciepła temu towarzyszący wynosi 240 000 kJ/h. Z reaktora odprowadza się produkt (klarowny roztwór), a strumień ciepła z tym związany wynosi 50 000 kJ/h. Oblicz zapotrzebowanie pary grzejnej (w kg/h) do ogrzania reaktora wiedząc, że entalpia parowania wody wynosi 2620 kJ/kg.

$$\Delta H = 3000 + 8000 - 4200 - 2.4e5 - 5e4 = -2.832e5[\text{kJ}/\text{h}]$$

$$q = \frac{-1 \cdot \Delta H}{\Delta H_{\text{parowania}}} = \frac{-1 \cdot -2.832e5}{2620} = 108.09[\text{kg}/\text{h}]$$

W instalacji o działaniu ciągłym otrzymuje się jeden ze składników płynnego nawozu mineralnego: roztwór wodny siarczanu(VI)amonu  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Surowcami w procesie są:

- surowiec S1: odpadowy roztwór kwasu siarkowego(VI) o składzie: 10.00% mas  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 0.20% mas zanieczyszczenia produkcyjne, 89.80% mas.  $\text{H}_2\text{O}$  i gęstości  $\rho_{S1} = 1020 \text{ kg}/\text{m}^3$
- surowiec S2: odpadowy roztwór wody amoniakalnej o składzie: 3.57% mas  $\text{NH}_4\text{OH}$ , 0.23% mas zanieczyszczenia produkcyjne 96.20% mas  $\text{H}_2\text{O}$  i gęstości  $\rho_{S2} = 1015 \text{ kg}/\text{m}^3$   
Strumienie surowców podawanych do węzła instalacyjnej wynosiły S1: 2000 kg/h, S2: 4000 kg/h. Instalacja pracuje w temperaturze otoczenia i pod ciśnieniem atmosferycznym. Dobierz pompy w węźle technologicznym otrzymywania półproduktu nawozu mineralnego: roztworu wodnego siarczanu(VI) amonu (wysokość podnoszenia z dokładnością do 0.1m i wydajności pomp z dokładnością do 0.1 m<sup>3</sup>/h) wiedząc, że:
- Surowce S1 i S2 są magazynowane przejściowo w zbiornikach pionowych  $Z_{S1}$  i  $Z_{S2}$ , czas przebywania surowców w tych zbiornikach jest jednakowy i wynosi 2.5 h, do obliczeń wysokości roboczej  $H_{r,S1}$  i  $H_{r,S2}$  należy przyjąć wstępnie stosunek wysokości całkowitej zbiorników  $H_c$  do ich średnicy D za równy 3, współczynnik wypełnienia  $\alpha$  w każdym zbiorniku ustalono na 0.75
- Surowce przereagowują w mieszalniku - reaktorze M z mieszadłem wirnikowym, w którym powstaje oczekiwany półprodukt, gęstość półproduktu  $\rho_{pp} = 1025 \text{ kg}/\text{m}^3$ , współczynnik wypełnienia  $\alpha = 0.75$ , czas przebywania 2 h.
- W rozpatrywanym węźle pompy do podawania surowców  $P_{S1}$  i  $P_{S2}$  są usytuowane na powierzchni ziemi.
- Zbiorniki do magazynowania surowców są na różnych wysokościach: dno zbiornika do magazynowania S1: 2m od powierzchni ziemi, dno zbiornika do magazynowania S2: 12m od powierzchni ziemi.
- Mieszalnik reaktor M jest umieszczony powyżej powierzchni ziemi: dno mieszalnika M jest odległe od powierzchni ziemi o 4m. Oba surowce S1 i S2 podaje się do mieszalnika M na wysokości lustra cieczy w mieszalniku.



$$m1 = S1 \cdot \tau = 2000 \cdot 2.5 = 5000kg$$

$$V_r = \frac{m1}{\rho_1} = \frac{5000}{1020} = 4.902m^3$$

$$V_c = \frac{V_r}{\alpha} = 6.536$$

$$V_c = 6.6m^3$$

$$V_c = \frac{\pi D^2 H_r}{4}$$

$$\frac{H_r}{D_c} = 3$$

$$V_c = \frac{3\pi D^3}{4}$$

$$D=1.405$$

$$D=1.4 \text{ m}$$

$$V_r = \frac{\pi D^2 H_r}{4}$$

$$H_r = 3.1847$$

$$H_r = 3.2$$

Tak samo dla surowca drugiego

$$H_r = 3.9m$$

Mieszalnik:

$$\frac{H_r}{D_r}$$

$$D=2.4617m$$

$$D=2.4m \text{ (typoszereg parzysty)}$$

$$H_r = 2.588H_r = 2.6\$$$

Pompy

$$H_1 = H_{dna,miesz} + H_{r,miesz} + \Delta H_{strat} - H_{dna,zbior} - H_{r,zbior} = 4.4$$

$$H_2 = -6.3$$

Wydajności

$$q_{VS1} = \frac{q_{S1}}{\rho_{S1}} = \frac{2000}{1020} = 1.96m^3/h$$

$$q_{VS2} = \frac{q_{S2}}{\rho_{S2}} = \frac{4000}{1015} = 3.94m^3/h$$

Obrane parametry:

$$H_1 = 6m$$

$$q_{VS1} = 3 - 3.5m^3/h$$

$$H_2 = 1m$$

$$q_{VS2} = 5 - 5.5m^3/h$$

Schemat technologiczno-aparaturowy to jest baaaardzooo trudna rzecz.

Uwagi do schematu T-A:

- zaznaczone są poziomy instalowania aparatów i urządzeń (lewa strona)
- linie mediów zaznaczone są na górze rysunku
- linie ścieków, odpadów itp. na dole rysunku
- wejście surowców - lewa strona, wyjście produktów - prawa strona
- aparatura jest prawidłowo usytuowana w pionie (grawitacyjnie) i rozciągnięta w poziomie (każdy aparat i urządzenie musi być widoczne)
- zaznaczono punkty pomiarowe i regulacyjne: T - temperatura, L - poziom, p - ciśnienie, A - pobór próbek do analizy, F - przepływ itp.

Przykład obliczeniowy

Do instalacji o działaniu ciągłym są podawane dwa surowce: S1 (klarowny roztwór) i S2 (ciało stałe) o składzie:

- S1: 5% mas. A, 5% mas. B, 90% mas.  $H_2O$
- S2: 10% mas. A, 10% mas. C, 70% mas. D, 10%  $H_2O$   
w ilości S1 - 4000 kg/h i S2 - 2000 kg/h.

W mieszalniku - reaktorze, który pracuje w temperaturze 348 K pod zmniejszonym ciśnieniem, odparowuje woda w ilości 200 kg/h. Składnik C z surowca S2 jest nierozpuszczalny w środowisku panującym w mieszalniku - reaktorze. Składniki B (z surowca S1) i D (z surowca S2) reagują ze sobą w wytworzeniu nierozpuszczalnej substancji N (składniki B i D przereagowują w całości). Produktem jest mieszanina substancji N i C zawierająca 25% mas. roztworu macierzystego.

1. Podaj zawartość fazy stałej w mieszanej zawieszynie w mieszalniku - reaktorze (w % mas.)
2. Ile wynosi zdolność produkcyjna roczna instalacji (w Mg produktu/rok)
3. Narysuj schemat ideowy projektowanego procesu.
4. Oblicz średnice pionowych zbiorników do magazynowania surowców S1 i S2 wiedząc, że dla obu zbiorników do magazynowania surowców S1 i S2 wiedząc, że dla obu zbiorników czas magazynowania wynosi 2 godziny, współczynnik wypełnienia 0.75, a wysokość całkowita 3000 mm. Pozostałe brakujące dane projektowe przyjmując, kierując się wiedzą i zdrowym rozsądkiem.
  1. średnica zbiornika dla S1 (w mm)
  2. średnica zbiornika dla S2 (w mm)

| Składniki | S1   | S2   | Roztwór | Faza stała | Opary |
|-----------|------|------|---------|------------|-------|
| A         | 200  | 200  | 400     | -          | -     |
| B         | 200  | -    | -       | -          | -     |
| C         | -    | 200  | -       | 200        | -     |
| D         | -    | 1400 | -       | -          | -     |
| $H_2O$    | 3600 | 200  | 3600    | -          | 200   |
| N         | -    | -    | -       | 1600       | -     |
| $\Sigma$  | 4000 | 2000 | 4000    | 1800       | 200   |

1.  $[F_{st}] = \frac{1800}{5800} = 31.03\%$

2. (coś tam o "złotej liczbie projektanta") Strumień roztworu macierzystego:  $\frac{S'}{N+C+S'} = 0.25 \Rightarrow S' = 600$  Produkt =  $F_{st} + S' = 1800 + 600 = 2400$ ,  $2400 \text{ kg/h} \cdot 7200 \text{ h/rok} = 17280 \text{ Mg/rok}$

### 3. rysunek w zeszycie

#### 4. S1

$$m = 4000 \text{ kg/h} \cdot 2 \text{ h} = 8000$$

$$\text{przyjąć } \rho = 1100 \text{ kg/m}^3$$

$$V_r = \frac{8000}{1100} = 7.27 \text{ m}^3$$

$$V_c = \frac{7.27}{0.75} = 9.7 \text{ m}^3$$

$$D = \sqrt{\frac{4V_c}{\pi H_c}} = 2029 \text{ mm}$$

Przyjęto (trzeba przyjmować) zgodnie z typoszeregiem parzystym  $D = 2000 \text{ mm}$  (ma być w mm)

#### S2

$$m = 2000 \text{ kg/h} \cdot 2 \text{ h} = 4000 \text{ kg}$$

$$\text{przyjąć } \rho = 600 \text{ kg/m}^3 \text{ (gęstość nasypowa zwykle między 600-800)}$$

reszta analogicznie do wyżej

Przyjęto  $D = 2000mm$

Jakieś jony do układu wprowadzamy zwykle jako chlorki, bo już i tak zawsze jest NaCl, więc więcej jonów chlorkowych nie zaszkodzi