

Laskuosa 10.05.2007:

Jokainen tehtävä omalle arkille, kiitos.

Tehtävä 1

Havuhakkeen dimensiot ovat: pituus 25 mm, leveys 15 mm ja paksuus 10 mm. Hakkeen kosteus on 40 p-%. Puumateriaalin kuiva-tuoretiheys (Basic Density) on 400 kg/m^3 . Haketta höyrytetään kylläisellä höyryllä, jonka paine on 0.14 MPa(abs). Hakkeen lämpötila alussa on $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Ilman permeabiliteetti kosteassa hakepalassa oletetaan olevan $2,25 \cdot 10^{-17} \text{ m}^2/\text{s}$.

- Laske veden ja ilman massa hakkeessa kuivaa haketta kohti alkulämpötilassa.
- Laske aika, joka tarvitaan ilmanpoiston tehokkuudelle 95 %

Hyödyllisiä kaavoja ilman diffusiviteetille.

$$\alpha_D = \frac{\rho_a K_a R T}{\mu_a M_a}$$

where

ρ_a = ilman tiheys

K_a = ilman permeabiliteetti

μ_a = ilman viskositeetti

M_a = ilman moolimassa

R = ideaali kaasuvakio

T = lämpötila, () K

Tehtävä 2

Ilmakehään avoimesta säiliöstä pumpataan sulfaattikeiton massaa tilavuusvirtauksella 100 litraa/s. Massan sakeus on 5 % ja lämpötila $65 \text{ }^\circ\text{C}$. Imuputken halkaisija on 250 mm, pituus on 4 m ja siinä on kaksi 45 asteen putkimutkaa. Säiliön nestepinnan korkeus on pienimmillään 1 m pumpun keskilinjasta. Pumpun NPSH_{req} arvo on 6 m. Laskelmissa voidaan olettaa suspension tiheydeksi veden tiheys.

- Laske virtauksen lineaarinopeus putkessa.
- Mikä on imuputkiston NPSH_{av} arvo pinnan ollessa alimmillaan ja lämpötilassa $65 \text{ }^\circ\text{C}$?
- Missä suspension lämpötilassa pumpun kavitointi alkaa?

Tehtävä 3

Jatkuvan keittimen paisuntalipeää johdetaan paisunta-astiaan (flashing cyclone) virtausnopeudella 110 kg/s . Ennen paisuntaa lipeän lämpötila on $165 \text{ }^\circ\text{C}$ ja kuiva-ainepitoisuus 17 p-%. Mihin lämpötilaan lipeä on paisutettava, jotta paisutushöyryä saataisiin 9 kg/s ? Mitä painetta tämä lämpötila vastaa? Mikä on lipeän kuiva-ainepitoisuus paisutuksen jälkeen? Voidaan olettaa, että lipeän ominaislämpö pysyy vakiona koko paisutuksen ajan ja on suuruudeltaan $3,9 \text{ kJ/(kg K)}$. Lisäksi voidaan olettaa, että lipeän kiehumispisteen kohoamaa ei tarvitse ottaa huomioon.

Tehtävä 4

Jatkuvan keittimen pesuvyöhykkeen korkeus on 10 m. Pesuvyöhykkeessä pestään havumassaa, jonka kappaluku on 28. Pesuvaiheessa hakkeeseen vaikuttaa keskimääräinen puristusaine 15 kPa. Pesunesteen painehäviöksi pesuvyöhykkeessä on mitattu 125 kPa.

- a) Mikä on pesunesteen virtausnopeus pesuvyöhykkeessä (superficial velocity)?
b) Jos oletetaan muiden ominaisuuksien pysyvän vakiona, miten virtausnopeuden kaksinkertaistaminen vaikuttaa painehäviöön?

Laskelmissa voidaan käyttää seuraavia yhtälöitä:

Hakepedin huokoisuus: $\varepsilon = 0,644 + \left(\frac{P_c}{10000} \right)^{0,59} (-0,831 + 0,139 \ln \kappa)$

Jossa P_c = puristusaine, () Pa

κ = kappaluku

Painehäviö hakepedissä: $\frac{\Delta p}{L} = R_1 \frac{(1-\varepsilon)^2}{\varepsilon^3} v_o + R_2 \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon^3} v_o^2$

Missä $\frac{\Delta p}{L}$ = painehäviö per hakepedin korkeus, () Pa/m

ε = hakepedin huokoisuus

v_o = nesteen virtausnopeus (superficial velocity)
hakepedissä, ()m/s

R_1 = vakio = $0,52 \cdot 10^5$

R_2 = vakio = $15 \cdot 10^5$