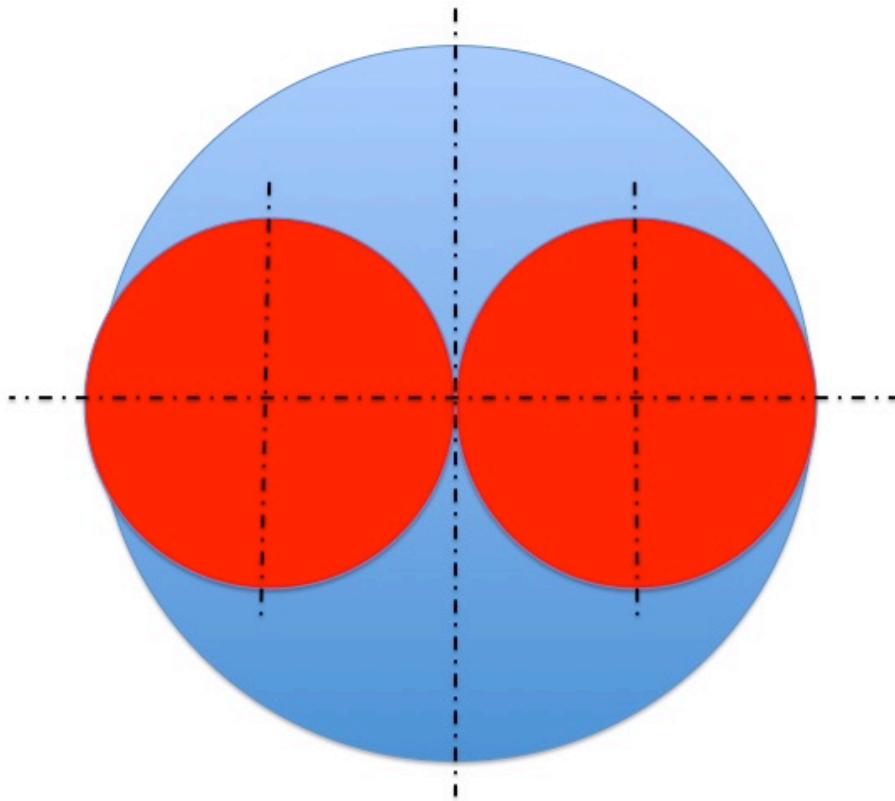


Lucrare semestrială FDT / FDTOU / TCM – 2017

Rezolvare Problema 3:

O instalație de proces este alimentată cu apă care curge sub presiune cu viteza de 1,5 m/s, printr-o conductă circulară având diametrul interior de 400 mm. Apa are temperatura de 20 °C. La un moment dat se hotărăște înlocuirea conductei inițiale cu două conducte având fiecare diametrul interior de 200 mm, cu menținerea aceluiași debit de alimentare, egal repartizat pe cele două conducte noi. Se cere:

- Să se calculeze debitul masic și volumic al apei alimentate în instalație;
- Regimul de curgere al apei în conducta inițială de 400 mm;
- Regimul de curgere al apei în conducta cu diametrul de 200 mm;
- Viteza apei prin conductele de 200 mm.



Curgerea fiind sub presiune, înseamnă că fluidul ocupă întreaga secțiune de curgere a conductei. Conform ecuației debitului, se poate scrie:

$$m_{v1} = v_1 \times S_1 \quad (1)$$

unde:

m_{v1} – debitul volumic de apă care curge prin conductă (m³/s);

v_1 – viteza de curgere a apei prin conducta având diametrul D_1 (m/s);

S_1 – secțiunea de curgere a conductei cu diametrul D_1 (m²).

Conducta fiind circulară și plină cu lichid, secțiunea de curgere va fi:

$$S_1 = \pi D_1^2 / 4 \quad (2)$$

Știind că $D_1 = 400 \text{ mm} = 0,4 \text{ m}$ și $v_1 = 1,5 \text{ m/s}$, din ecuațiile (1) și (2) se poate calcula debitul volumic de apă care curge prin conducta inițială, cu diametrul de 400 mm:

$$m_{V1} = v_1 \times \pi D_1^2 / 4 = 1,5 \times \pi \times 0,4^2 / 4 = \mathbf{0,1885 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Pentru calculul debitului masic de apă care circulă prin conductă, avem nevoie de densitatea apei lichide la 20 °C, întrucât:

$$\rho = m_{M1}/m_{V1} \rightarrow m_{M1} = m_{V1} \times \rho \quad (3)$$

unde:

m_{V1} – debitul volumic de apă care curge prin conductă (m^3/s);

m_{M1} – debitul masic de apă care curge prin conductă (kg/s);

ρ – densitatea apei la temperatura de lucru, 20 °C (kg/m^3).

Densitatea apei la 20 °C o putem afla căutând pe Google. Sau, mai simplu, ne uităm în enunțul problemei anterioare, în care avem date proprietățile apei lichide la temperatura de 20 °C:

$$\rho = 1 \text{ g}/\text{cm}^3 = 1 \text{ kg}/\text{L} = 1 \text{ kg}/\text{dm}^3 = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3;$$

$$\mu = 1 \text{ cP} = 1 \text{ mPa}\cdot\text{s} = 1 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s};$$

$$c_p = 4,18 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K}) = 4180 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K}).$$

Ca urmare, din ecuația (3), debitul masic de apă care circulă prin conducta inițială va fi:

$$m_{M1} = m_{V1} \times \rho = 0,1885 \times 1000 = \mathbf{188,5 \text{ kg/s}}$$

Regimul de curgere se determină calculând valoarea criteriului Reynolds:

$$Re = (\rho \times v_1 \times D_1) / \mu \quad (4)$$

Dacă **Re < 2300** – curgerea este laminară;

Dacă **Re > 10000** – curgerea este turbulentă;

Dacă **2300 < Re < 10000** – curgerea este în regim tranzitoriu (intermediar).

Aplicând ecuația (4) conductei inițiale, obținem:

$$Re = (\rho \times v_1 \times D_1) / \mu = (1000 \times 1,5 \times 0,4) / (1 \times 10^{-3}) = \mathbf{600000} = \mathbf{6 \times 10^5}$$

Întrucât $Re > 10000$, **curgerea este turbulentă**.

Cele 2 conducte cu $D_2 = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$, nu vor asigura aceeași secțiune de curgere ca și conducta inițială având $D_1 = 0,4 \text{ m}$ (vezi desenul). Ca urmare, pentru a păstra același debit, vom fi nevoiți să mărim viteza de curgere, în conformitate cu ecuațiile (1) și (2). Debitul fiind egal repartizat pe ambele conducte cu diametrul de 0,2 m, putem scrie:

$$m_{V1} = 2m_{V2} \quad (5)$$

unde m_{V2} reprezintă debitul volumic de apă (m^3/s) care curge prin fiecare din conductele având diametrul D_2 .

Din ecuațiile (1), (2) și (5), rezultă:

$$m_{V1} = 2m_{V2} = 2(v_2 \times \pi D_2^2 / 4) = v_2 \times \pi D_2^2 / 2 \quad (6)$$

Din ecuația (6) se poate calcula viteza de curgere a apei prin conductele noi, cu diametrul $D_2 = 0,2 \text{ m}$:

$$v_2 = 2 m_{V1} / (\pi D_2^2) = 2 \times 0,1885 / (\pi \times 0,2^2) = \mathbf{3,00 \text{ m/s}}$$

Pentru calculul regimului de curgere prin conductele noi se aplică ecuația (4):

$$Re = (\rho \times v_2 \times D_2) / \mu = (1000 \times 3,00 \times 0,2) / 0,001 = \mathbf{600000} = \mathbf{6 \times 10^5}$$

Cum $Re > 10000$, **curgerea este turbulentă**. Se poate constata că regimul de curgere se păstrează același, valoarea criteriului Re fiind identică cu cea din conducta inițială. (Este

logic: în ecuația (4) se dublează la numărător valoarea vitezei – de la 1,5 la 3 m/s -, și se înjumătățește diametrul secțiunii de curgere – de la 0,4 la 0,2 m).