

KAT0125 „RAKENDUSLIK VEDELIKE JA GAASIDE VOOLAMINE KESKKONNAKAITSE TEHNOLOOGIATES” 2018/2019 K

HARJUTUS 1.

1. Vedeliku voolamine avadest

Vedeliku väljavoolamisel anuma külgliseinas või põhjas olevatest mitmesuguse kujuga avadest on tihti vaja määrata väljavoolava vedeliku kulu või aeg, mis kulub kogu vedeliku või osa vedeliku anumast väljavoolamiseks.

Statsionaarne režiim

Vedelike voolamine avadest püsiva surve all ($P=\text{const}$) s.o $H=\text{const}$

Vedeliku voolamise kiirus avast

$$w_0 = \varepsilon w_2 = \varepsilon \varphi \sqrt{2gH} = \alpha \sqrt{2gH}, \quad (1.1.)$$

kus $\varepsilon = S_2/S_0$ on vedeliku joa kokkusurutamise koefitsient ja

$\alpha = \varepsilon \varphi$ – kulukoefitsient,

φ – parandustegur, mida nimetatakse ka kiiruskoefitsiendiks.

Mittestatsionaarne režiim

Vedelike voolamine avadest, muutuva surve all ($P \neq \text{const}$) s.o vedeliku nivoo vähenemisel

Aeg, mis on vaja anumas oleva vedeliku nivoo langemiseks kõrguselt H_1 kõrguseni H_2

$$\tau = \frac{2S}{\alpha S_0 \sqrt{2g}} (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}). \quad (1.2.)$$

Anuma täielikuks tühjenemiseks kuluv aeg leitakse seosest:

$$\tau = \frac{2S}{\alpha S_0 \sqrt{2g}} \sqrt{H_1}$$

Ülesanne 1.

Avatud paagis hoitakse konstantset vedeliku nivood 900 mm. Paagi põhjas olevast avast, mille diameeter on 10 mm, voolab ühe tunni jooksul välja 750 dm³ vedelikku.

Määrata kulukoefitsiendi väärtus.

Millise ajaga tühjeneb paak, kui sissevool paaki lõpeb?

Paagi diameeter on 800 mm.

2. Hõõrdekaod torustikus

Reaalvedeliku voolamise korral tuleb arvestada energiakadudega

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} - h_{kadu} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g}$$

kus h_{kadu} – hõõrde- ja kohttakistuskadu.

või

$$P_1 + \rho \frac{u_1^2}{2} + \rho g z_1 - \Delta P_{kadu} = P_2 + \rho \frac{u_2^2}{2} + \rho g z_2 \quad [Pa]$$

$$\Delta P_{kadu} = \Delta P_{hõõre} + \Delta P_{kt}$$

$$\Delta P_{hõõre} = \lambda \frac{L}{D_e} \cdot \frac{\rho u^2}{2} \quad [Pa]$$

$$\Delta P_{kt} = \Sigma \zeta \cdot \frac{\rho u^2}{2} \quad [Pa]$$

$$\Delta P_{kadu} = \lambda \frac{L}{D_e} \cdot \frac{\rho u^2}{2} + \Sigma \zeta \cdot \frac{\rho u^2}{2} = \left(\lambda \frac{L}{D_e} + \Sigma \zeta \right) \frac{\rho u^2}{2} \quad [Pa]$$

kus $\lambda = 4f$ – Darcy hõõrdetegur
 f – Fanningi hõõrdetegur (friction factor)

Ülesanne 2

Tuletada empiiriline võrrand kujul $\lambda = A Re^m$ hõõrdeteguri arvutamiseks torus, kui on olemas järgmised katseandmed:

Nafta pumpamisel sirges torus pikkusega 13 m ja sisediameetriga 300 mm, saadi järgmine rõhukao sõltuvus nafta voolamise kiirusest

Kiirus, m/s	0,85	1,21	1,54	1,91	2,32
Rõhukadu, Pa	738	1300	2060	3020	4050

Nafta suhteline tihedus on 0,9 ja kinemaatiline viskoossus $0,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.