Dr. Nagy Géza

ÁLTALÁNOS GÉPTAN
PÉLDATÁR I.

Debrecen, 2002

TARTALOMJEGYZÉK

ELŐSZÓ

A Gépészmérnöki alapismeretek című tantárgy feladata, hogy általános betekintést adjon a műszaki gyakorlat egyes területeire, elősegítse a különféle középiskolai előtanulmányok egységesítését a gépek üzemtani jellemzőinek ismerete és számítása keretében, hozzájáruljon az általános és műszaki intelligencia szélesítéséhez, valamint hozzásegítsen a műszaki gondolkodás elsajátításához.

A példatár közreadásával a Gépészmérnöki alapismeretek tárgyat tanuló hallgatóság egyéni tanulását, a tárgy célkitűzéseinek megvalósítását kívánom elősegíteni. A példatár felépítésében és tagolásában követi a tárgy feldolgozásának tematikáját. Minden fejezetben található több részletesen kidolgozott feladat is. Az ezekben alkalmazott módszer és gondolatmenet segítséget ad a fejezet többi példájának megoldásához. Az eredménytárban a feladatok megoldását közlöm az adott esetben szükséges pontossággal, illetve néhány esetben abban megtalálható a megoldási vázlat is. Az ábrákat és diagramokat azonban nem adom meg, a feladat éppen azok önálló megrajzolása.

Remélem, hogy e példatár a gépészmérnök és a gépészeti szakirányú műszaki tanár szakos hallgatók hasznos oktatási segédeszközévé válik.

Debrecen, 1994. október 25.

Dr. Nagy Géza

I. A GÉPEK VESZTESÉGEI, HATÁSFOK, FAJLAGOS FOGYASZTÁS, GAZDASÁGI HATÁSFOK

Fogalmak, jelölések, mértékegységek

B_b	- benzinfogyasztás	[$kg.h^{-1}$]
B_{go}	- gázolajfogyasztás	[$kg.h^{-1}$]
B_{sz}	- szénfogyasztás	[$Mg.h^{-1}$]
B_{24}	- 24 órai tüzelőanyag fogyasztás	[kg]
$B_{0,5}$	- óránkénti tüzelőanyag fogyasztás x=0,5 terhelési tényezőnél	[$kg.h^{-1}$]
F	- erő (általánosan)	[N]
H_b	- benzin és benzol fűtőértéke	[$J.kg^{-1}$,$kJ.kg^{-1}$, $MJ.kg^{-1}$]
$H_{gáz}$	- gáz fűtőértéke	[$MJ.m^{-3}$]
H_{go}	- gázolaj fűtőértéke	[$kJ.kg^{-1}$, $MJ.kg^{-1}$]
H_{sz}	- szén fűtőértéke	[$J.kg^{-1}$, $MJ.kg^{-1}$]
H_h	- hibakorlát a gázolaj fűtőértékénél	[$kJ.kg^{-1}$]
$H_{P_{vx}}$	- változó veszteség abszolút hibája x terhelésnél	[W, kW]
H_{P_v}	- összes veszteség abszolút hibája x terhelésnél	[W, kW]
$H_{P_{vo}}$	- üresjárati veszteség abszolút hibája	[W, kW]
H_{P_h}	- hasznos teljesítmény abszolút hibája	[W, kW]
H_{P_b}	- bevezetett teljesítmény abszolút hibája	[W, kW]
H_{P_n}	- névleges teljesítmény abszolút hibája	[W, kW]
H_x	- abszolút hiba x terhelési tényezőnél	[%]
$H_{\eta x}$	- hatásfok abszolút hibája x terhelési tényezőnél	[%]
$P_á$	- átlagos teljesítmény	[W, kW]
P_b	- bevezetett teljesítmény	[W, kW]
P_{bo}	- üresjáráskor bevezetett teljesítmény	[W, kW]
P_{bx}	- bevezetett teljesítmény x terhelési tényezőnél	[W, kW]
P_h	- hasznos teljesítmény	[W, kW, MW]
P_{ho}	- optimális üzemi ponthoz tartozó teljesítmény	[W, kW]
P_{hx}	- hasznos teljesítmény x terhelési tényezőnél	[W, kW]
P_n	- hasznos terhelés teljes terhelésnél (x=1 terhelési tényezőnél), névleges terhelés	[W, kW]
P_t	- vízturbina hasznos teljesítménye	[W, kW]
P_v	- teljesítményveszteség x=1 terhelési tényezőnél	[W, kW]

P_{vx}	- állandó teljesítményveszteség x terhelési tényezőnél	[W, kW]
P_{vx1}	- névleges terhelésnél (x=1) fellépő állandó veszteség	[W, kW]
P'_{vx1}	- x=1 terhelési tényezőnél a változó veszteségek és az állandó veszteségek különbsége ($P'_{vx1}=P_{vn}-P_{vo}$)	[W, kW]
P_{vn}	- a veszteségek összege x=1 terhelésnél	[W, kW]
P_{vo}	- állandó teljesítményveszteség	[W, kW]
T	- hőmérséklet (általánosan)	[K]
V	- térfogat	[m^3]
W_b	- bevezetett energia	[J, PJ]
$W_é$	- éves energiatermelés	[TW.h]
W_h	- hasznosított energia	[MJ,MW.h, GW.h, PJ]
W_t	- energiatermelés t idő alatt	[GJ]
b_b	- fajlagos benzin- és benzolfogyasztás	[kg.kW^{-1}.h^{-1}]
b_{go}	- fajlagos gázolaj fogyasztás	[kg.kW^{-1}.h^{-1}]
b_{sz}	- fajlagos szénfogyasztás	[kg.kW^{-1}.h^{-1}]
$b_{0,5}$	- fajlagos tüzelőanyag fogyasztás x=0,5 terheléssel	[kg.kW^{-1}.h^{-1}]
c_v	- víz fajhője	[J.kg^{-1}.K^{-1}]
h_{Pb}	- bevezetett teljesítmény relatív hibája	[%]
h_{Pn}	- névleges teljesítmény relatív hibája	[%]
h_x	- relatív hiba x terhelési tényezőnél	[%]
$h_{\eta x}$	- hatásfok relatív hibája x terhelési tényezőnél	[%]
m_b	- benzin- és benzolfogyasztás	[kg]
m_{go}	- gázolaj fogyasztás	[kg]
m_{sz}	- szénfogyasztás	[kg, Mt]
m_t	- gázolajtartály befogadóképességes	[Mg]
m_v	- víztömeg	[kg]
s	- út	[m, km]
t	- idő (általánosan)	[s, h]
v	- sebesség	[m.s^{-1}, km.h^{-1}]
x	- terhelési tényező	[%]
$x_á$	- átlagos terhelési tényező	[%]
w	- fajlagos hőfogyasztás (energiafogyasztás)	[MJ.kW^{-1}.h^{-1}]
w_{gcs}	- gépcsoport fajlagos hőfogyasztása	[MJ.kW^{-1}.h^{-1}]
w_m	- motor fajlagos hőfogyasztása	[MJ.kW^{-1}.h^{-1}]

ν	- veszteségtényező	[%]
η	- hatásfok	[%]
$\eta_á$	- átlagos hatásfok	[%]
η_g	- gazdasági hatásfok	[%]
η_{gcs}	- gépcsoport hatásfoka	[%]
$\eta_é$	- évi hatásfok	[%]
η_m	- mechanikai hatásfok	[%]
η_{max}	- legnagyobb hatásfok	[%]
η_{min}	- legkisebb hatásfok	[%]
η_x	- hatásfok x terhelési tényezőnél	[%]
η_1	- hatásfok teljes (névleges) terhelésnél	
$\eta_{0,5}$	- hatásfok x=0,5 terhelési tényezőnél	[%]
$\eta_{0,25}$	- hatásfok x=0,25 terhelési tényezőnél	[%]
ρ_b	- benzin sűrűsége	[kg.dm^{-3}]
ρ_{go}	- gázolaj sűrűsége	[kg.dm^{-3}]

1. Egy P_h=30 kW teljesítményű villamos motor fogyasztása (teljes terheléskor) P_b=35 kW. Határozzuk meg a motor hatásfokát (η=?), a veszteségtényezőjét (ν=?) és a veszteség nagyságát (P_v=?)!

Kidolgozás:

A villamos motor hatásfoka:

$$\eta=\frac{P_h}{P_b}=\frac{30kW}{35kW}=0,857$$

η=85,7 %.

A veszteségtényező:

$\nu=1-\eta=1-0,857=0,143$

ν=14,3 %.

A veszteség nagysága:

$P_v=P_b-P_h$=35 kW-30 kW=5 kW.

E veszteségek a motor belsejében hővé alakulnak át, amely hő a felmelegedett gépből a környezetbe megy át.

2. Egy P_h=200 kW teljesítményű villamos generátor (teljes terheléssel) η= 90 %-os hatásfokkal dolgozik. Hány kW a villamos generátor vesztesége (P_v=?)?

Kidolgozás:

A gép hajtásához szükséges mechanikai teljesítmény:

$$P_b = \frac{P_h}{\eta} = \frac{200 kW}{0,9} \approx 222\ kW.$$

A teljesítményveszteség:

$P_v = P_b - P_h = 222\ kW - 200\ kW = 22\ kW.$

3. $m_v = 3$ kg tömegű, $T_1 = 288$ K hőmérsékletű vizet $T_2 = 373$ K hőmérsékletre melegítünk.

a./ Mennyi szenet kell ehhez eltüzelnünk, ha a szén fűtőértéke $H_{sz} = 1{,}4.10^7$ J/kg és a melegítés $\eta = 35$ % hatásfokú ($m_{sz} = ?$)?

b./ A melegítés $t = 10$ percig tartott. Mekkora a hasznos ($P_h = ?$) és a befektetett ($P_b = ?$) teljesítmény?

Kidolgozás:

A víz fajhője: $c_v = 4183$ J/(kg.K)

a./ A hasznos munkavégzés:

$W_h = c_v . m_v . (T_2 - T_1) = 4183$ J/(kg.K).3 kg.(373-288)K= $1{,}066.10^6$ J.

A befektetett munka:

$W_b = m_{sz} . H_{sz}.$

A hatásfok:

$$\eta = \frac{W_h}{W_b} = \frac{W_h}{m_{sz} \cdot H_{sz}},$$

ebből

$$m_{sz} = \frac{W_h}{\eta \cdot H_{sz}} = \frac{1{,}066 \cdot 10^6\, J}{3{,}5 \cdot 10^{-2} \cdot 1{,}4 \cdot 10^7\, J/kg} = 2{,}18\ kg.$$

b./ A hasznos teljesítmény :

$$P_h = \frac{W_h}{t} = \frac{1{,}066 \cdot 10^6\, J}{6 \cdot 10^2} = 1776\ W.$$

A befektetett teljesítmény :

$$P_b = \frac{m_{sz} \cdot H_{sz}}{t} = \frac{2{,}18 kg \cdot 1{,}4 \cdot 10^7\, J/kg}{600} = 50\ 866\ W.$$

4. Egy $P_h = 120$ kW-os dízelmotor $t = 12$ órás üzeme alatt $m_{go} = 280$ kg gázolajat fogyaszt, amelynek fűtőértéke $H_{go} = 42$ MJ/kg. Az üzemidő alatt összesen $W_t = 3{,}5$ GJ munkát szolgáltat.

a./ Mekkora a motor átlagos hasznos teljesítménye és terhelése ($P_á = ?$, $x_á = ?$)?

b./ Mekkora a fajlagos hőfogyasztása és átlagos hatásfoka ($w = ?$, $\eta_á = ?$)?

5. Egy P_h=7 kW hasznos teljesítményű ventilátort dízelmotor hajt. A ventilátor hatásfoka η =78 %. A dízelmotor üzemanyag fogyasztása B_{go}=2,6 kg/h H_{go}= 43 000 kJ/kg fűtőértékű gázolaj.

a./ Mekkora a motor fajlagos gázolaj fogyasztása (b_{go}=?)?

b./ Mekkora a motor fajlagos hőfogyasztása (w=?)?

c./ Mennyi a motor (η_m=?) és a gépcsoport hatásfoka (η_{gcs}=?)?

6. A dízelmotor legnagyobb hatásfoka teljes terhelésnél (x=1) η_{max}=35 %. A gázolaj (dízelolaj, nyersolaj) fűtőértéke H_{go}=42 MJ/kg.

Mennyi a fajlagos üzemanyagfogyasztás (b_{go}=?)?

Kidolgozás:

A fajlagos hőfogyasztás:

$$\dot{w} = \frac{3{,}6 MJ/(kW \cdot h)}{\eta_{max}} = \frac{3{,}6 MJ/(kW \cdot h)}{0{,}35} = 10{,}3 \ MJ/(kW \cdot h).$$

A fajlagos üzemanyag-fogyasztás:

$$b_{go} = \frac{w}{H_{go}} = \frac{10{,}3 MJ/(kW \cdot h)}{42 MJ/kg} = 0{,}245 \ kg/(kW \cdot h),$$

7. Egy P_h=90 kW-os dízelmotor a H_{go}=40.000 kJ/kg fűtőértékű gázolajból t= 12 órás üzem alatt m_{go}= 200 kg-ot fogyaszt, eközben W_h=2100 MJ munkát végez.

a./ Mekkora a motor átlagos terhelése ($x_á$=?)?

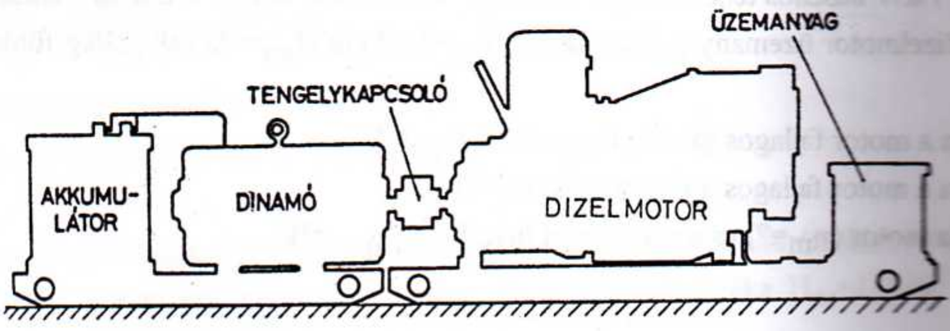
b./ Mekkora a motor átlagos hatásfoka ($\eta_á$=?)?

8. Az áramfejlesztő telepre kapcsolt akkumulátor töltéséhez P_h=8 kW teljesítmény szükséges. Az akkumulátort töltő dinamó hatásfoka η= 84 %. A dinamót b_{go}=0,31±0,01 kg/(kW.h) fajlagos fogyasztású dízelmotor hajtja. A gázolaj fűtőértéke H_{go}=38 MJ/kg. A gépcsoport vázlata az 1. ábrán látható. A hajtómű veszteségei elhanyagolhatók.

a./ Mennyi a gépcsoport összhatásfoka (η_{gcs}=?)?

b./ Mennyi olajat fogyaszt a gépcsoport 24 óra alatt (B_{24}=?)?

b./ Milyen abszolút hibakorláttal kell ismerni a fűtőértéket (H_h=?), ha a motor hatásfokát (η_m) 1,5 % abszolút hibakorláttal kívánjuk meghatározni?



1. ábra

9. η=31 % hatásfokú benzinmotor fajlagos fogyasztása b_b=0,28 kg/(kW.h).
Mennyi a benzin fűtőértéke (H_b=?)?

Kidolgozás:

A fajlagos hőfogyasztás:

$$w = \frac{1}{\eta} = b_b \cdot H_b.$$

Ebből: $H_b = \dfrac{1}{b_b \cdot \eta}$

Behelyettesítve:

$$H_b = \frac{1}{0{,}28 kg/(kW \cdot h) \cdot 0{,}31} = 11{,}52 \ \frac{kW \cdot h}{kg},$$

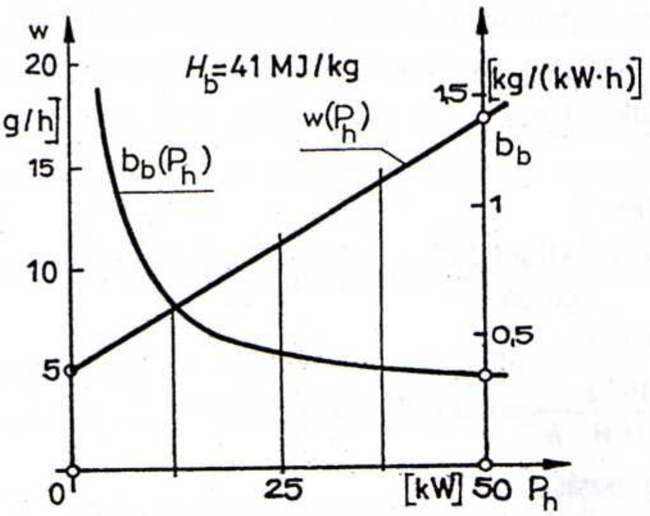
de a mértékegység nem a szokásos alakú. A $3{,}6 \dfrac{\text{MJ}}{\text{kW} \cdot \text{h}}$ váltószámmal átváltva a H_b mértékegységét végül:

$$H_b = 11{,}52 \frac{kW \cdot h}{kg} \cdot 3{,}6 \frac{MJ}{kW \cdot h} = 41{,}5 \frac{MJ}{kg}.$$

10. A 2. ábra egy P_n=50 kW teljesítményű benzinmotor üzemanyag fogyasztásának görbéjét ábrázolja. Az óránkénti fogyasztás teljes terhelésnél (x=1) B_b=17 kg/h. A benzin fűtőértéke H_b=41 MJ/kg.

a./ Határozza meg a motor hatásfokát teljes terhelésnél (η=?)!

b./ Állapítsa meg a motor fajlagos fogyasztását félterhelésnél (x=0,5), ha ekkor a gép fogyasztása $B_{0,5}$=11 kg/h ($b_{0,5}$=?)



2. ábra

11. Egy földgázmotor villamos generátort hajt, amelynek hatásfoka η=96%. A motor fogyasztása V=0,4 m3 $H_{gáz}$=31 MJ/m^3 fűtőértékű gáz, 1 kilowattóra villamosenergia-terhelés esetén.

a./ Mekkora a gépcsoport fajlagos hőfogyasztása (w_{gcs}=?)?

b./ Mekkora a motor fajlagos hőfogyasztása (w_m=?)?

c./ Mennyi a motor hatásfoka (η_m=?)?

d./ Mennyi a gépcsoport hatásfoka (η_{gcs}=?)?

12. Az állandó sebességgel haladó gépkocsi motorja P_h=7,5 kW teljesítményt fejt ki.

a./ Hány km/h a haladási sebesség, ha a vonóerő F=400 N (v=?)?

b./ Hány liter benzint fogyaszt s=100 km úton, ha a motor hatásfoka η=20 %, a benzin fűtőértéke H_b=4,3.10^7 J/kg, a sűrűsége ρ_b=0,8 kg/dm^3 (V=?)?

13. Egy gépkocsi motorja P_h=22 kW teljesítményt ad le. A gépkocsi fogyasztása m_b=8 kg benzin s=100 km út megtétele során.

a./ Mekkora a motor fajlagos üzemanyag-fogyasztása (b_b=?), ha a gépkocsi v=80 km/h egyenletes sebességgel halad?

b./ Mekkora a fajlagos hőfogyasztás (w=?), ha a benzin fűtőértéke H_b=42 MJ/kg?

c./ Mekkora a motor hatásfoka (η=?)?

14. A személygépkocsi v=100 km/h sebességnél V=10 liter (dm^3) **benzint fogyaszt** s=100 km-ként. A kocsi teljesítménye ilyenkor P_h=33,1 kW, a benzin **fűtőértéke** H_b=4,19.10^4 kJ/kg. A benzin sűrűsége: $\rho_b \approx 1$ kg/dm^3. Mennyi a kocsi fajlagos **hőfogyasztása (w=?)** és gazdasági hatásfoka (η_g=?)?

Kidolgozás:

A kocsi fogyasztása:

$$B_b = \frac{V \cdot \rho_b}{s} = \frac{10dm^3 \cdot 1kg\,/\,dm^3}{100km} \cdot 100km\,/\,h = 10\ kg\,/\,h.$$

A fajlagos fogyasztás:

$$b_b = \frac{B_b}{P_h} = \frac{10kg}{33{,}1kW \cdot h} = 0{,}302\ kg\,/\,(kW \cdot h).$$

A fajlagos hőfogyasztás:

$$w = b_b \cdot H_b = 0{,}302kg\,/\,(kW \cdot h) \cdot 4{,}19 \cdot 10^4\,kJ\,/\,kg =$$

$$= 1{,}27 \cdot 10^4\,kJ\,/\,(kW \cdot h) = 12{,}7MJ\,/\,(kW \cdot h).$$

A gazdasági hatásfok:

$$\eta_g = \frac{3{,}6 \cdot 10^3\,kJ \cdot kW^{-1} \cdot h^{-1}}{w(kJ \cdot kW^{-1} \cdot h^{-1})} = \frac{3{,}6 \cdot 10^3\,kJ \cdot kW^{-1} \cdot h^{-1}}{1{,}268kJ \cdot kW^{-1} \cdot h^{-1}} = 0{,}284 = \mathbf{28{,}4\ \%}.$$

15. Egy gőzmozdony egyenletes terhelés közben óránként (t=3600 s) **m_{sz}=2800 kg** szén elégetésével P_h=1,8 MW teljesítményt fejt ki. A szén fűtőértéke H_{sz}=**3.10^7 J/kg**.
Mekkora a mozdony teljes hatásfoka (η=?)?

Kidolgozás:

A befektetett energia:

$W_b=m_{sz}.H_{sz}$=2,8.10^3 kg.3.10^7 J/kg=8,4.10^{10} J.

A hasznos munkavégzés:

$W_h=P_h.t$=1,8.10^6 W.3,6.10^3 s=6,48.10^9 J.

A hatásfok:

$$\eta = \frac{W_h}{W_b} = \frac{6{,}48 \cdot 10^9\,J}{8{,}4 \cdot 10^{10}\,J} = 0{,}0771 = 7{,}71\ \%.$$

16. Egy vasúti dízelmozdony névleges hasznos teljesítménye P_n=442 kW. **A mozdony** v=35 km/h átlagos sebességgel jár, átlagos fajlagos üzemanyag-fogyasztása **ekkor b_{go}=0**,274 kg/(kW.h), $x_á$=0,63 átlagos terhelés mellett.

a./ Megfelel-e a mozdony m_t= 1 Mg befogadóképességű gázolaj**tartálya a nemzetkö**zi előírásoknak, amely szerint s=600 km útra elegendő üzemanyagot **kell a mozdo**ny tartályainak befogadniuk?

b./ H_{go}=44 MJ/kg fűtőértékű gázolaj esetén a fenti terhelés mellett mekkora a fajlagos hőfogyasztás (w=?)?

17. Egy olajtüzelésű mozdony P_h=750 kW átlagos hasznos teljesítménnyel dolgozik. Hány liter nyersolajat fogyaszt óránként, ha az égéskor felszabaduló energiának csak 15 %-át hasznosítja (V=?)?
A nyersolaj fűtőértéke H_{go}=4,3.10^7 J/kg, a sűrűsége ρ_{go}=0,85 kg/dm^3.

18. Egy személyszállító repülőgép motorjának teljesítménye P_h=500 kW, a hatásfoka η=25 %. Mennyi benzolt fogyaszt óránként, ha a benzol fűtőértéke H_b=4.10^7 J/kg (m_b=?)?

19. Egy villamos erőmű egyévi energiatermelése $W_é$=1,75 TW.h (terawattóra), az évi szénfogyasztás m_{sz}=2,10 Mt. A szén fűtőértéke: H_{sz}=13,4 MJ/kg.
a./ Mekkora az erőmű évi hatásfoka ($\eta_é$=?)?
b./ Mekkora a fajlagos üzemanyag- és hőfogyasztása (energiafogyasztása) a szokásos mértékegységekkel (b_{sz}=?, w=?)?

20. Egy villamos erőmű gazdasági hatásfoka η_g=18 %. Az erőmű teljesítménye P_h=150 MW, az eltüzelt szén fűtőértéke H_{sz}=14,66 MJ/kg.
Mennyi az erőmű fogyasztása (B_{sz}=?)?
Kidolgozás:
A fajlagos hőfogyasztás:
$$w = \frac{3{,}6\cdot 10^3\,kJ\cdot kW^{-1}\cdot h^{-1}}{\eta_g} = \frac{3{,}6\cdot 10^3\,kJ\cdot kW^{-1}\cdot h^{-1}}{0{,}18} = 20\ MJ\cdot kW^{-1}\cdot h^{-1}.$$
A fajlagos fogyasztás:
$$b_{sz} = \frac{w}{H_{sz}} = \frac{20\,MJ\cdot kW^{-1}\cdot h^{-1}}{14{,}66\,MJ\cdot kg^{-1}} = 1{,}363\ kg\cdot kW^{-1}\cdot h^{-1}, vagy$$
$$b_{sz} = 1{,}363\ Mg\cdot MW^{-1}\cdot h^{-1}.$$
Ebből a fogyasztás:
$B_{sz}=b_{sz}.P_h$=1,363Mg.MW^{-1}.h^{-1}.150 MW= 204,5 Mg.h^{-1}.

21. Egy villamos erőmű egyévi energiatermelése W_h=1750 GW.h. Az évi szénfogyasztása m_{sz}=2,1 Mt szén. A szén fűtőértéke H_{sz}=13,4 MJ/kg.
Mennyi az erőmű évi hatásfoka ($\eta_é$=?)?
Kidolgozás:
A bevezetett energia:
$W_b=m_{sz}.H_{sz}$=2,1.10^9 kg.13,4.10^6 J/kg=28,14.10^{15} J=28,14 PJ (petajoule).

A hasznosított energia:

W_h=1,75.10^{12} W.h=1,75.10^{12} W.h.3,6.10^3 J/(W.h)=6,3.10^{15} J=6,3 **PJ.**

Az erőmű évi hatásfoka:

$$\eta_é = \frac{W_h}{W_b} = \frac{6,3PJ}{28,14PJ} = 0,224$$

$\eta_é$=22,4 %.

22. Egy P_h=210 MW hasznos teljesítményű villamos erőmű t=24 **órai fogyasztása** B_{24}=4100 Mg, H_{sz}=17 MJ/kg fűtőértékű barnaszén.

Mennyi az erőmű hatásfoka (η=?)?

23. Egy P_h=180 kW hasznos teljesítményű hőerőmű napi tüzelőanyag-fogyasztása m_{sz}=1400 Mg, H_{sz}=46 MJ/kg fűtőértékű földgáz.

a./ Mennyi az erőmű fajlagos fogyasztása (b_{sz}=?) és fajlagos hőfogyasztása **(w=?)?**

b./ Mennyi az erőmű átlagos hatásfoka ($\eta_á$=?)?

24. Egy hőerőmű hatásfoka a 3. ábra szerint a gőzkazán, a gőzturbina, a közlőmű és a villamos generátor hatásfokainak szorzatából számítható. Az energiaábrába bejegyzett százalékok az üzemanyag mennyiségére vonatkoznak, és csak tájékoztató átlagértékek. Az energiaveszteségek elemzése arra az eredményre vezet, hogy a fogyasztott szén fűtőértékének legnagyobb részét a távozó, ún. fáradtgőz viszi magával.

Az energiaábra szerint a hőerőmű hatásfoka teljes terheléssel (x=1) **η=19%. A** szén fűtőértéke H_{sz}=160 MJ/kg. Mennyi a villamos energia egységére vonatkoztatott szénfogyasztás (b_{sz}=?)?

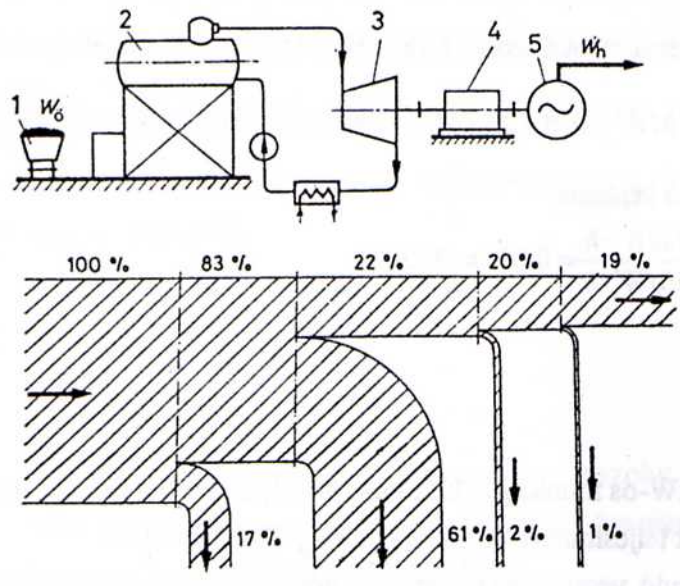
Kidolgozás:

A villamos energia egységére vonatkoztatott hőfogyasztás:

$$w = \frac{3,6MJ/(kW \cdot h)}{\eta} = \frac{3,6MJ/(kW \cdot h)}{0,19} = 18,9\ MJ/(kW \cdot h).$$

A fajlagos szénfogyasztás:

$$b_{sz} = \frac{w}{H_{sz}} = \frac{18,9MJ/(kW \cdot h)}{16,0MJ/kg} = 1,18\ kg/(kW \cdot h).$$



1 tüzelőanyag; *2* kazán; *3* gőzturbina; *4* közlőmű; *5* villamos generátor

3. ábra

25. Egy erőgép naponta t_1=4 órán át teljes terheléssel (x_1=100 %) jár, a hatásfoka ekkor η_1=78 %, t_2=3 órán át x_2=80 %-os terheléssel jár, a hatásfoka η_2=76 %, t_3=1 órán át x_3=30 %-os terheléssel jár, a hatásfoka η_3=56 %.
a./ Mekkora a gép napi átlagos terhelése ($x_á$=?)?
b./ Mekkora a gép napi átlagos hatásfoka ($\eta_á$=?)?

26. A P_n=24 MW-os vízturbinából és villamos generátorból álló vízierőművi gépcsoport P_{hx}=17,5 MW teljesítményt ad a villamos hálózatnak.
a./ Mennyi a gépcsoport terhelése (x=?)?
b./ Mennyi az x=82 %-os terheléssel járó gépcsoport hasznos teljesítménye (P_{hx}=?). Mennyi az e terhelésnél η_x=96 % hatásfokkal járó generátort hajtó vízturbina hasznos teljesítménye (P_t=?)?

27. A vízierőmű generátora egy hónap alatt W_h=18000 MW.h villamos energiát termel. A generátort hajtó vízturbina t_1=100 órán át P_{t1}=27 MW, t_2=200 órán át P_{t2}=28,2 MW és t_3=420 órán át P_{t3}=27,5 MW teljesítményt ad le.
Mennyi a generátor átlagos hatásfoka ($\eta_á$=?)?

Kidolgozás:

Az átlagos hatásfok az átlagos hasznos teljesítmény és az átlagos bevezetett teljesítmény hányadosa. Másképp megfogalmazva egyenlő a hasznos (W_h) és a bevezetett munka (W_b) hányadosával. Most célszerűbb az utóbbi értelmezésből kiindulni:

$$\eta_á = \frac{W_h}{W_b}.$$

A generátorba bevezetett munka azonos a vízturbina által egy hónap alatt leadott összes hasznos munkával :

$$W_b = \sum_{i=1}^{3} P_{ti} \cdot t_i = 27MW \cdot 100h + 28{,}2MW \cdot 200h + 27{,}5MW \cdot 420h = 19\ 890\ MW \cdot h.$$

Behelyettesítve a fenti képletbe:

$$\eta_á = \frac{W_h}{W_b} = \frac{18\ 000MW \cdot h}{19\ 890MW \cdot h} = 0{,}905 = 90{,}5\ \%.$$

28. P_n=(25±0,2)kW-os munkagép hatásfoka x=(70±1)% terhelésnél η_x=(76±1)%.

A gépbe bevezetett teljesítmény üresjáráskor P_{bo}=(2,1±0,1)kW.

a./ Mennyi az állandó veszteség (P_{vo}=?), az adott terheléshez tartozó hasznos teljesítmény (P_{hx}=?) és változó veszteség (P_{vx}=?)?

b./ Mennyi a változó veszteség abszolút hibája (Hp_{vx}=?)?

Kidolgozás:

A P_n=(25±0,2)kW névleges teljesítmény relatív hibája:

$$h_{Pn} = \frac{H_{Pn}}{P_n} = \frac{0{,}2kW}{25kW} = 0{,}0080,$$

az $x = (70 \pm 1)\%$ terhelési tényező relatív hibája :

$$h_x = \frac{H_x}{x} = \frac{1\%}{70\%} = 0{,}0143,$$

az $H_{\eta x} = (76 \pm 1)\%$ hatásfok relatív hibája :

$$h_{\eta x} = \frac{H_{\eta x}}{\eta_x} = \frac{1\%}{76\%} = 0{,}0132$$

a./ Az állandó veszteség egyenlő az üresjáráskor bevezetett teljesítménnyel:

P_{vo}=P_{bo}=2,1 kW.

A hasznos teljesítmény:

P_{hx}=x .P_h=0,7.25kW=17,5 kW.

Az összes veszteség az x terhelésnél:

$$P_v = P_{bx} - P_{hx} = \frac{x \cdot P_n}{\eta_x} - x \cdot P_n = \frac{0{,}7 \cdot 25kW}{0{,}76} - 0{,}7 \cdot 25kW = 5{,}5\ kW.$$

A változó veszteség az x terhelésnél az állandó és az üresjárási veszteség különbsége:

P_{vx}=P_v-P_{vo}=5,5 kW-2,1 kW=3,4 kW.

b./ Az x terhelésnél fellépő változó veszteség abszolút hibája az x terhelésnél fellépő összes veszteség és az üresjárási veszteség abszolút hibájának összege (összeadásnál és kivonásnál az abszolút hibák összegződnek):

$$H_{Pvx} = H_{Pv} + H_{Pvo}.$$

Az összes veszteség abszolút hibája a bevezetett teljesítmény és a hasznos teljesítmény abszolút hibájának összegeként adódik:

$$H_{Pv} = H_{Pb} + H_{Ph}.$$

A bevezetett teljesítményt

$$P_b = \frac{x \cdot P_n}{\eta_x}$$

összefüggés alapján nyertük. Igy a bevezetett teljesítmény abszolút hibája a terhelési tényező, a névleges teljesítmény és a hatásfok relatív hibáinak összegéből számolható (a relatív hibák a szorzás és osztás műveleteknél összegződnek).

$$H_{Pb} = h_{Pb} \cdot P_b = (h_{Pb} + h_x + h_\eta)P_b = \left(\frac{0,2kW}{25kW} + \frac{1\%}{70\%} + \frac{1\%}{76\%}\right)23kW = 0,81\ kW.$$

Hasonlóan számolhatjuk a hasznos teljesítmény abszolút hibáját :

$$H_{Pn} = h_{Ph} \cdot P_h = h_{Ph}(x \cdot P_n) = (h_x + h_{Pn})(x \cdot P_n) = \left(\frac{1\%}{70\%} + \frac{0,2kW}{25kW}\right) \cdot 17,5kW = 0,385\ kW.$$

A változó veszteség abszolút hibája :

$$H_{Pvx} = H_{Pv} + H_{Pvo} = H_{Pb} + H_{Pn} + H_{Pvo} = 0,80kW + 0,385kW + 0,1kW = \pm 1,3\ kW.$$

29. Egy munkagép t_1=4 órán át
P_{h1}=7,2 kW, t_2=3 órán át
P_{h2}=6,5 kW és t_3=1 órán át
P_{h3}=2,1 kW hasznos teljesítményt fejt ki.
Mekkora a P_n=7kW névleges teljesítményű munkagép közepes terhelése ($x_á$=?)?

30. Egy munkagép periódikusan mindig egyforma munkafolyamatokat ismétel, amelyek időtartama t_1=40 min. A gép munkavégzés közben P_h=8 kW teljesítményt vesz fel. A munkafolyamatok között P_{vo}=1,3 kW teljesítmény-felvétel mellett üresjáratban jár a gép, miközben munkadarabot cserélnek.

a./ Hány perc alatt kell a munkadarab cseréjét elvégezni ahhoz, hogy a munkagéppel egy minimális η_{min}=75 %-os átlagos hatásfokot elérjük (t_2=?)?
Munkavégzés közben a hatásfok η_m=79 %.

b./ Mekkora a munkagép átlagos terhelése, ha a munkadarab cseréjét sikerül t_3=10 min alatt elvégezni ($x_á$=?)?

31. Egy villamos generátor hatásfokát a leadott villamos teljesítmény függvényében méréssel határozták meg. Teljes terheléskor a hasznos teljesítmény P_h=380 kW, a hatásfok η=95 % volt, P_{hx}=200 kW-os leadott teljesítmény mellett ugyancsak η_x=95 %-os hatásfokot mértek.
Mekkora az üresjárási veszteség (P_{vo}=?) és mekkora a változó veszteség teljes terheléskor (P_{vx}=?)?

32. Egy villamos motor bevezetett teljesítménye teljes terhelésnél P_b=37,9 kW, az üresjárati vesztesége P_{bo}=1,4 kW, a változó vesztesége teljes terheléskor P_{vx}=2,5 kW.
a./ Mekkora a motor hatásfoka x=0,25; 0,50; 0,75 és 1 terhelésnél. A 4. ábra táblázata szerint számoljon!
b./ Rajzolja meg a hatásfok-terhelés diagramot [η=f(x)]!

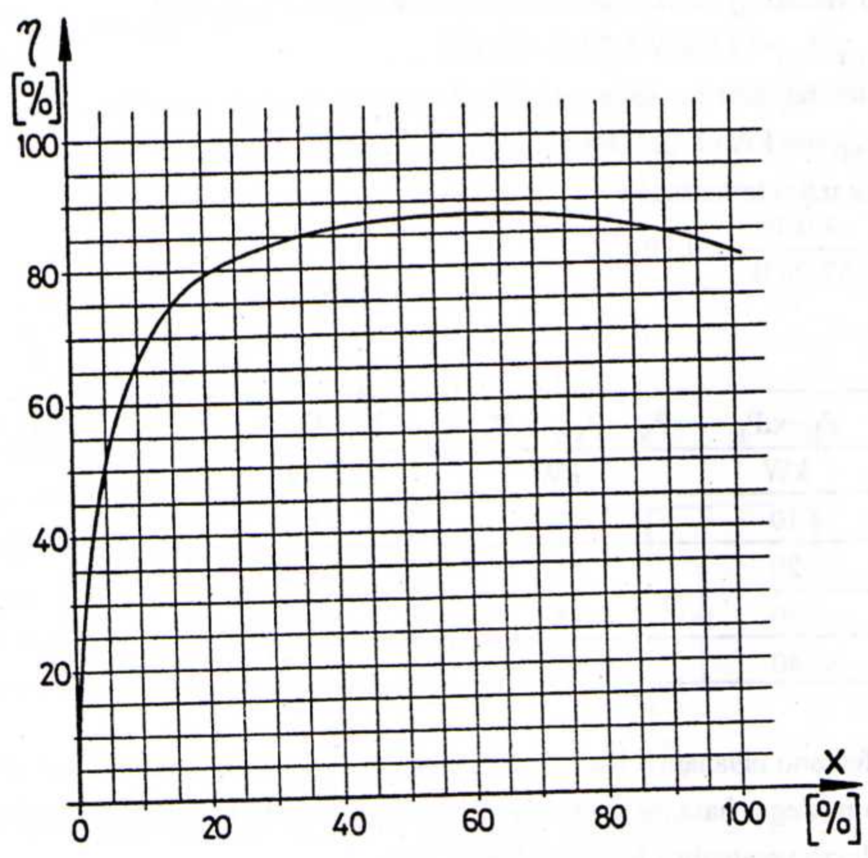
x	x^2	P_{vo}	$P_{vx}=x^2.P_{vx1}$	$P_v=P_{vo}+P_{vx}$	$P_h=x.P_{h1}$	$P_b=P_h+P_v$	$\eta=P_h/P_b$
-	-	kW	kW	kW	kW	kW	%

4. ábra

33. Egy villamos motor hatásfoka teljes terhelésnél η=88 %, a hasznos teljesítménye ekkor P_h=41 kW. A teljesítményveszteség változó része teljes terhelésnél P_{vx}=3,9 kW.
a./ Rajzolja meg a gép veszteségeinek változását a terhelés függvényében [P_v=f(x)] 10 %/cm terhelés- illetve 0,5 kW/cm teljesítményveszteség- lépték felhasználásával!
b./ A diagram alapján mekkora terhelés esetén maximális a hatásfok (η_{max}=?)?

34. Egy villamos motor teljesítményfelvétele a leadott teljesítmény függvényében:
$P_b=1{,}8\ kW+P_h+0{,}0025\ \frac{1}{kW}P_h^2$.
A P_b-P_h függvény grafikonja alapján határozza meg az optimális üzemi ponthoz tartozó hasznos teljesítményt (P_{ho}=?), és számítsa ki a maximális hatásfokot (η_{max}=?)! (A függvénygrafikon megrajzolásához néhány pontban számítson P_h-P_b értékeket a $0 \leq P_h \leq 45$ kW tartományban.) A koordináta-rendszer mindkét tengelyén a teljesítménylépték 5 kW/cm legyen!

35. Egy P_h=20 kW-os villamos motor méréssel felvett hatásfok-terhelés [η=f(x)] jelleggörbéjét tartalmazza az 5. ábra. A mérés egyéb adatai nem állnak rendelkezésre.
a./ Rajzolja meg a teljesítményveszteségeket a hasznos teljesítmény függvényében [P_{vx}=f(P_{hx})]!
b./ Mennyi a P_h=0 hasznos teljesítménynél kiolvasható üresjárási veszteség (P_{vo}=?)?



5. ábra

36. Egy emelőgép legnagyobb leadott teljesítménye P_h=18 kW, a felvett teljesítménye ekkor P_b=24 kW, az üresjárati vesztesége P_{vo}=1,9 kW.

Ábrázolja a gép hatásfokát a leadott teljesítmény függvényében táblázatos számolás alapján [$\eta=f(P_h)$]!

Javasolt léptékek az abszcissza-tengelyen 2 kW/cm, az ordináta-tengelyen 10 %/cm.

37. Egy emelőgép hasznos teljesítménye teljes terhelésnél P_n=40 kW, hatásfoka pedig η=70 %.

Az emelőgép állandó vesztesége P_{vo}=5,2 kW, a P_{vo} változó veszteség a terheléssel lineárisan változónak tekinthető.

a./ Határozza meg a gép hatásfokát x=0,25; 0,5; 0,75 és 1 terhelésnél!

Táblázatos formában számoljon!

Megoldás:

A veszteségek összege x=1 terhelés esetén:

$$P_{vn} = \frac{P_n}{\eta} - P_n = \frac{1-\eta}{\eta} P_n = \frac{1-0{,}7}{0{,}7} \cdot 40 kW = 17{,}2\, kW .$$

A változó veszteség a terheléssel arányos, azaz $P_{vx}=x.P'_{vx1}$, ahol

$P'_{vx1}=P_{vn}-P_{vo}=17,2$ kW-5,2 kW=12 kW.

A bevezetett teljesítmény teljes terhelésnél:

$P_b=P_n+P_{vn}=40$ kW+17,2 kW= 57,2 kW.

A hatásfok teljes terhelésnél:

$$\eta=\frac{P_n}{P_b}=\frac{40kW}{57,2kW}=0,70$$

$\eta=70\%$.

x	$P_h=x.P_n$	$P_{vx}=P_{vo}+x.P'_{vx1}$	$P_b=P_h+P_{vx}$	$\eta=P_h/P_b.100$
-	kW	kW	kW	%
0,25	10	8,2	18,2	55
0,50	20	11,2	31,2	64
0,75	30	14,2	44,2	68
1,00	40	17,2	57,2	70

38. Egy felvonó pillanatnyi hasznos teljesítménye $P_{hx}=4$ kW, a hatásfoka ekkor $\eta_x=66$ %. A felvonó névleges hasznos teljesítménye $P_h=P_n=6,4$ kW, az üresjárati vesztesége $P_{vo}=0,8$ kW. A változó veszteség a terheléssel arányos.

a./ Mennyi a változó veszteség teljes terheléskor ($P_{vx1}=?$)?

b./ Mennyi a hatásfok teljes terheléskor ($\eta_1=?$)?

c./ Mennyi a hatásfok negyed- és félterhelésnél ($\eta_{0,25}=?$, $\eta_{0,25}=?$)?

Kidolgozás:

a./ A pillanatnyi x terhelésnél a felvonóba bevezetett teljesítmény:

$$P_{bx}=\frac{P_{hx}}{\eta_x}=\frac{4kW}{0,66}=6,06 \text{ kW}.$$

Az összes veszteség az x terhelésnél a bevezetett és a hasznos teljesítmény különbsége (6. ábra):

$P_v=P_{bx}-P_{hx}=6,06$kW-4kW=2,06 kW.

Az összes veszteség az üresjárási (terheléstől független) és egy változó (terheléstől függő) veszteség összege:

$P_v=P_{vo}+P_{vx}$.

A változó veszteség az x terhelési tényezőnél:

$P_{vx}=P_v-P_{vo}=2,06$kW-0,8kW=1,26 kW.

Az x terhelési tényező a pillanatnyi hasznos teljesítmény és a névleges teljesítmény hányadosa:

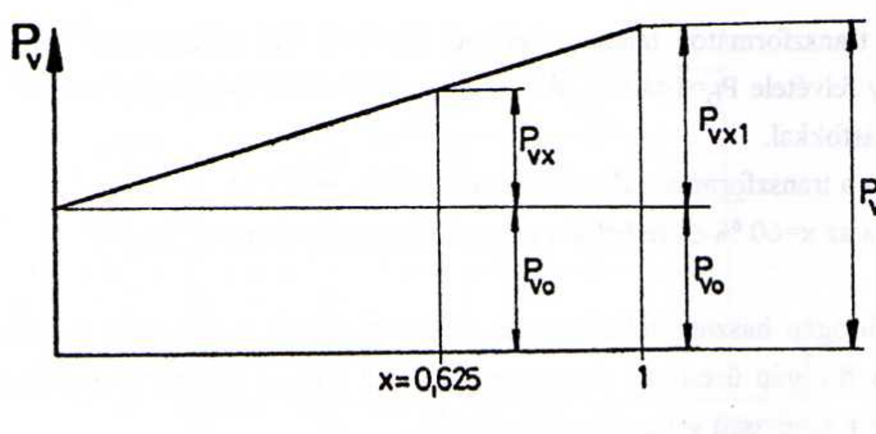
$$x = \frac{P_{hx}}{P_n} = \frac{4kW}{6,4kW} = 0,625.$$

A mechanikai elven működő gépek veszteségei általában egyenesen arányosak a terheléssel (6. ábra). A névleges terhelésnél fellépő változó veszteségből a pillanatnyi terhelésnél fellépő változó veszteség az x terhelési tényező segítségével határozható meg:

$P_{vx} = x.\ P_{vx1}$,

ebből a változó veszteség teljes terheléskor:

$$P_{vx1} = \frac{P_{vx}}{x} = \frac{1,26kW}{0,625} = 2,02\ kW.$$



6. ábra

b./ A hatásfok teljes terheléskor a névleges és a teljes terhelésnél bevezetett teljesítmények hányadosaként számolható:

$$\eta_1 = \frac{P_h}{P_b}.$$

A bevezetett teljesítmény a hasznos teljesítmény és a veszteségek (üresjárási és változó) összege:

$$\eta_1 = \frac{P_h}{P_h + P_{vo} + P_{vx1}} = \frac{6,4kW}{6,4kW + 0,8kW + 2,02kW} = 0,694 = 69,4\ \%.$$

c./ A hatásfok negyed -, ill. félterhelésnél:

$$\eta_{0,25} = \frac{0,25 \cdot P_h}{0,25 \cdot P_h + P_{vo} + 0,25 \cdot P_{vx1}} = \frac{0,25 \cdot 6,4kW}{0,25 \cdot 6,4kW + 0,8kW + 0,25 \cdot 2,02kW} = 0,55 = 55\ \%.$$

$$\eta_{0,5} = \frac{0,5 \cdot P_h}{0,5 \cdot P_h + P_{vo} + 0,5 \cdot P_{vx1}} = \frac{0,5 \cdot 6,4kW}{0,5 \cdot 6,4kW + 0,8kW + 0,5 \cdot 2,02kW} = 0,639 = 63,9\ \%.$$

39. A mechanikus sajtológép hasznos teljesítménye teljes terhelésnél P_n=2 kW, az üresjárási bevezetett teljesítménye P_{bo}=0,1 kW. A gép összes vesztesége teljes terheléskor P_v=0,9 kW.

a./ Mekkora a változó veszteség teljes- és félterheléskor (P_{vx}=?)?

b./ Ábrázolja a sajtológépbe bevezetett teljesítményt a hasznos teljesítmény függvényében [P_b=f(P_h)]! Jelölje meg félterhelésnél a teljesítményfelvétel összetevőit! Célszerű léptékek: a hasznos teljesítményhez 0,2 kW/cm, a bevezetett teljesítményhez 0,5 kW/cm.

40. Egy transzformátor teljes terhelésnél P_n=140 kW teljesítményt ad le. Ekkor a teljesítmény felvétele P_b=148 kW. A transzformátor x=60 %-os terhelés esetén dolgozik a legjobb hatásfokkal.

a./ Mekkora a transzformátor állandó vesztesége (P_{vo}=?)?

b./ Mekkora az x=60 %-os terheléshez tartozó hatásfokmaximum (η_x=?)?

41. Egy fúrógép hasznos teljesítménye teljes terhelésnél P_n=25 kW, a hatásfoka ekkor η=72%. A fúrógép üresjárati vesztesége P_{bo}=2,3 kW, a változó veszteségek a terhelés függvényében lineárisan változónak tekinthetők.

a./ Mennyi a változó veszteség teljes terhelésnél (P_{vx}=?)?

b./ Határozza meg a gép hatásfokát x=0,2, 0,4, 0,6, 0,8 és 1,1 terhelések esetén táblázatosan a 7. ábrán látható fejléc szerinti számolással!

c./ Rajzolja meg a hatásfokot a terhelés függvényében [η=f(x)]! A léptékek legyenek a következők:

λ_x=0,1/cm, λ_η=10%/cm.

x	x^2	P_{vo}	$P_{vx}=x^2.P_{vx1}$	$P_v=P_{vo}+P_{vx}$	P_h=x.P_{h1}	$P_b=P_h+P_v$	$\eta=P_h/P_b$
-	-	kW	kW	kW	kW	kW	%

7. ábra

42. Egy őrlő berendezés hajtásához szükséges teljesítmény félterhelésnél (x=0,5) P_{bx}=6,42 kW. A hatásfok ekkor η_x=53 %. Az üresjárási veszteség P_{bo}=1,7 kW, a változó veszteségeket (P_{vx}) tekintse a terheléssel egyenesen arányosnak!

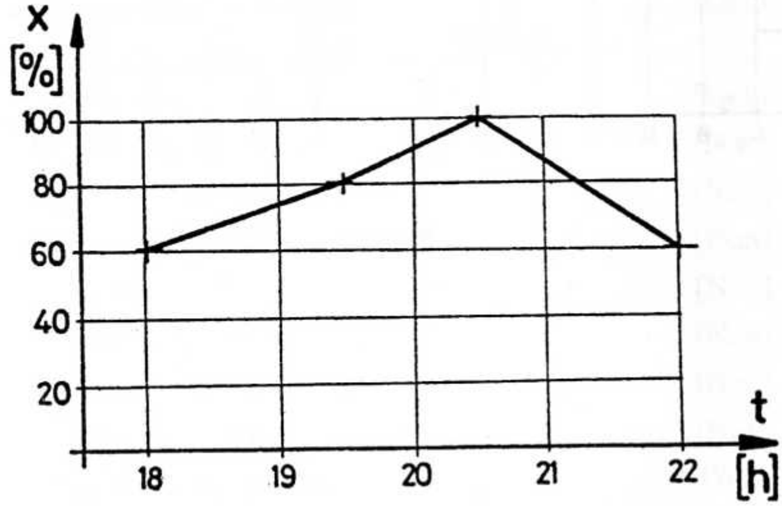
a./ Mekkora a hatásfok teljes terhelésnél (η_x=?, ha x=1)?

b./ Mekkora terheléssel kell a berendezést üzemben tartani, hogy a hatásfok η_x= 60% legyen (x=?)?

43. Egy kis települést ellátó saját áramszolgáltató telep terhelése a 8. ábra szerint változik az esti órákban.

a./ Határozza meg a telep átlagos (közepes) terhelését a 18-22 h közötti időszakra ($x_á$=?)?

b./ Az áramfejlesztő telep hatásfoka a 8. ábra táblázata szerint változik. Mennyi az átlagos hatásfok ($\eta_á$=?)?



x %	60	70	80	90	100
η %	28	29,5	30	29,6	29

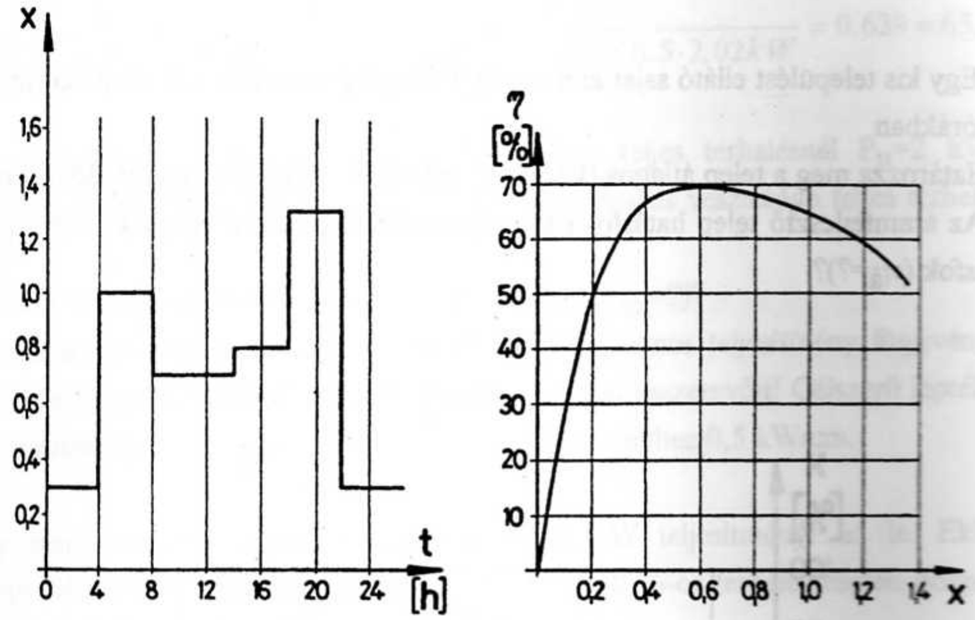
8. ábra

44. A 9. ábrán egy vízművet tápláló, a vízfogyasztás nagyságával szabályozott szivattyútelep terhelésének napi változása és a szivattyútelep hatásfok-terhelés jelleggörbéje látható.

a./ Határozza meg a szivattyútelep napi átlagos (közepes) terhelését ($x_á$=?)!

b./ Mennyi a telep napi átlagos hatásfoka ($\eta_á$=?)?

c./ Mennyi lenne az átlagos hatásfok, ha a telep egész nap az átlagos terheléssel dolgozna ($\eta_á$=?)?


x
1,6
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0
4
8
12
16
20
24
t
[h]
η
[%]
70
60
50
40
30
20
10
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
1,2
1,4
x

9. ábra

II. LENDÍTŐKERÉK

Fogalmak, jelölések, mértékegységek

D	- lendítőkerék átmérő	[mm, m]
F_s	- súrlódási erő	[N]
E_k	- mozgási energia	[N.m, J]
ΔE_k	- mozgási energia növekedése (gyorsító nyomaték munkája)	[N.m, J]
J	- tehetetlenségi nyomaték	[kg.m^2]
J_s	- súlyponti tengelyre számolt tehetetlenségi nyomaték	[kg.m^2]
M	- nyomaték (általánosan)	[N.m]
M_{ai}	- állandó indítónyomaték	[N.m]
M_d	- gyorsítónyomaték	[N.m]
M_e	- ellennyomaték	[N.m]
M_f	- fékezőnyomaték	[N.m]
M_s	- súrlódási nyomaték	[N.m]
M_t	- terhelőnyomaték	[N.m]
P	- teljesítmény (általánosan)	[W, kW]
P_{max}	- legnagyobb teljesítmény	[W, kW]
W_{mt}	- munkatöbblet lendítőkeréknél	[J]
d	- tengelyátmérő	[mm]
d_m	- közepes tengelycsapátmérő	[mm]
i	- lendítőkerék körülfordulásainak száma szabadkifutás esetén	
m	- tömeg (általánosan)	[kg]
m_{red}	- redukált tömeg	[kg]
n	- fodulatszám (általánosan)	[s^{-1}, min^{-1}]
n_k	- közepes fordulatszám	[s^{-1}, min^{-1}]
r	- sugár (általánosan)	[mm, m]
r_s	- lendítőkerék koszorúszelvényének sugara	[mm, m]
t_f	- fékezési idő	[s, min]
t_i	- indítási idő	[s, min]
t_ℓ	- lassítási idő	[s, min]
$t_ü$	- üzemidő	[s, min]
α_ℓ	- szöglassulás	[rad.s^{-2}, s^{-2}]

β_ℓ	- lassulási szög a menetábrában	[rad, fok]
δ	- egyenlőtlenségi fok	[%]
λ	- redukálási tényező	
μ	- csapsúrlódási tényező	
φ	- szögelfordulás	[rad]
ω	- szögsebesség (általánosan)	[rad.s^{-1}, s^{-1}]
ω_{max}	- legnagyobb szögsebesség	[rad.s^{-1}, s^{-1}]
ω_{min}	- legkisebb szögsebesség	[rad.s^{-1}, s^{-1}]
ω_k	- közepes szögsebesség	[rad.s^{-1}, s^{-1}]
$\Delta\omega$	- szögsebesség különbség	[rad.s^{-1}, s^{-1}]

45. Egy D=600 mm átmérőjű küllős tárcsa tömege m=220 kg. Mennyi a tárcsa tehetetlenségi nyomatéka, ha λ=0,8 (J=?)?

Megoldás:

A kerületre redukált tömeg:

$m_{red}=\lambda.m=0,8 \,.\, 220$ kg=176 kg.

A tehetetlenségi nyomaték:

$$J=\frac{m_{red}\cdot D^2}{4}=\frac{176\,kg\cdot 0,6^2\,m^2}{4}=15,84\ \mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^2.$$

46. Egy belső égésű motor lendítőkerekének tehetetlenségi nyomatéka J=0,4 kg.m^2. A motor közepes fordulatszáma n_k=2500/min.

a./ Határozza meg a motor egyenlőtlenségi fokát, ha az egy periódus alatt elraktározott munkatöbblet W_{mt}=100 J (δ=?)!

b./ Mekkora a szögsebesség maximális és minimális értéke (ω_{max}=?, ω_{min}=?)?

Kidolgozás:

A közepes szögsebesség:

$$\omega_k=\frac{2\pi\cdot n_k\cdot 1/\min}{60\ s/\min}=\frac{2\cdot 3,14\cdot 2500\ 1/\min}{60\ \mathrm{s}/\min}=261,8\ rad/s.$$

a./ Az egy periódus alatt elraktározott munkatöbblet (W_{mt}) és az egyenlőtlenségi fok (δ) között levezetett összefüggés:

$W_{mt} = J \cdot \omega_k^2 \cdot \delta.$

Ebből:

$$\delta = \frac{W_{mt}}{J \cdot \omega_k^2} = \frac{100\ J}{0{,}4 kg \cdot m^2 \cdot (261{,}8\ rad/s)^2} = 0{,}00365.$$

b./ Az egyenlőtlenségi fok:

$$\delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_k}$$

kifejezésből

$\Delta\omega = \omega_{max} - \omega_{min} = \delta . \omega_k = 0{,}00365 . 261{,}8$ rad/s= 0,9556 rad/s.

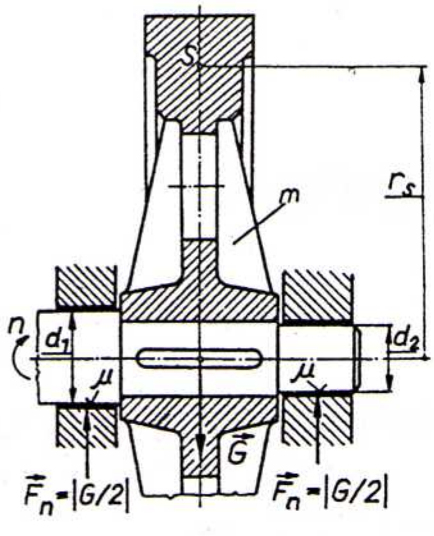
A közepes szögsebesség a szélső értékek számtani közepe.

Igy

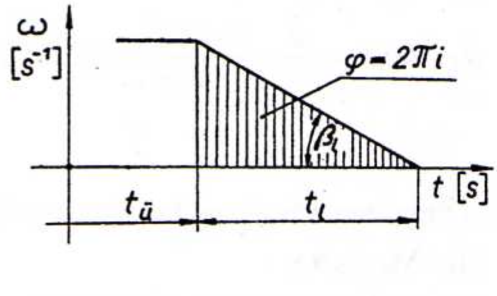
$$\omega_{max} = \omega_k + \frac{\Delta\omega}{2} = 261{,}8\ rad/s + 0{,}48\ rad/s = 262{,}28\ rad/s,$$

$$\omega_{min} = \omega_k - \frac{\Delta\omega}{2} = 261{,}8\ rad/s - 0{,}48\ rad/s = 261{,}32\ rad/s.$$

47. A 10. ábrán látható lendítőkerék tömege m=10 Mg, a koszorúszelvény S súlypontján átmenő kör sugara a forgástengelytől r_S=1,5 m, a közepes tengelycsap átmérő $d_m=(d_1+d_2)/2$=150 mm, a fordulatszáma n=250 min^{-1}, a csapsúrlódási tényező μ=0,03, a redukálási tényező λ=0,7. Mennyi a lendítőkerék körülfordulásainak száma a megállásig (i=?)?



10. ábra



11. ábra

Kidolgozás:

A lendítőkerék tehetetlenségi nyomatéka a forgástengelyre:

$$J_s = m_{red} \cdot r_s^2 = \lambda \cdot m \cdot r_s^2 = 0,7 \cdot 10^4\, kg \cdot 10^4\, kg \cdot 1,5^2\, m^2 = 1,575 \cdot 10^4\, kg \cdot m^2.$$

A szögsebesség szabadkifutás esetén:

$$\omega = 2\pi \cdot \mathrm{n} = 2 \cdot 3,14 \cdot 250\ \mathrm{min}^{-1} \frac{1}{60(s \cdot \mathrm{min}^{-1})} = 26,2\ \mathrm{s}^{-1}.$$

Az ellennyomaték:

$$M_e = \frac{d_m}{2} F_s = \frac{d_m}{2} \mu \cdot \mathrm{m} \cdot \mathrm{g} = \frac{0,15\ \mathrm{m}}{2} 0,03 \cdot 10^4\, kg \cdot 9,81 m \cdot s^{-2} = 221\ \mathrm{m} \cdot \mathrm{N} = \mathbf{M_s}.$$

A körülfordulások száma:

$$\mathrm{i} = \frac{\mathrm{J_s} \cdot \omega^2}{4\pi \cdot \mathrm{M_s}} = \frac{1,575 \cdot 10^4\, kg \cdot m^2 \cdot 26,2^2\, s^{-2}}{4 \cdot 3,14 \cdot 221\ \mathrm{m} \cdot \mathrm{kg} \cdot \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}} = 3893.$$

Meghatározható a szabadkifutás ideje az ω=f(t) menetábra felhasználásával. A szabadkifutás szögsebesség-menetábrájának analógiájára a 11. ábrán látható lefolyású. A bevonalkázott háromszög területe jelenti a szabadkifutás alatt megtett szöget radiánban.

Az ábra alapján felírható:

$$\frac{\omega \cdot t_\ell}{2} = 2\pi \cdot i,$$

ebből a szabadkifutás ideje:

$$\mathrm{t}_\ell = \frac{4\pi \cdot i}{\omega} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 3880}{26,2\ \mathrm{s}^{-1}} = 1860\ \mathrm{s},$$

percben kifejezve:

$$\mathrm{t}_\ell = \frac{1860\ \mathrm{s}}{60\ (\mathrm{s} \cdot \mathrm{min}^{-1})} = 31\ \mathrm{min}.$$

A 11. ábrán felrajzolt menetábrából kiszámítható a szöglassulás is :

$$\alpha_\ell = tg\beta_l = \frac{\omega}{t_\ell} = \frac{26,2 s^{-2}}{1860 s} = 0,0141\ s^{-2}.$$

A forgó mozgás dinamikai alapegyenletéből ugyanezt kell kapnunk. A lassulásra felírható:

$M_f = M_s = J_s . \alpha_\ell$,

amelyből a szöglassulás kiszámítva:

$$\alpha_\ell = \frac{M_s}{J_s} = \frac{221\ \mathrm{m} \cdot \mathrm{kg} \cdot \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}}{1,575 \cdot 10^4\, kg \cdot m} = 0,0141\ \mathrm{s}^{-2},$$

vagyis valóban ugyanaz az eredmény.

48. Egy gépcsoport forgó részének tehetetlenségi nyomatéka J=132 kg.m^2. A fordulatszám n=750/min. A megállítás szakaszában összesen M_f =310 N.m állandó fékezőnyomaték hat rá.

a./ Mekkora a szöglassulás (α_ℓ=?)?

b./ Mennyi idő alatt áll meg a gép (t_ℓ=?)?

c./ Hány fordulatot tesz a forgórész a megállás idejének első (i_1=?) és hányat a második felében (i_2=?)?

49. A tömör tárcsa alakú lendítőkerék d=240 mm átmérőjű tengelye két helyen szimmetrikusan van csapágyazva. A D=2,5 m átmérőjű lendítőkerék tömege m=6000 kg. A csapágyakban a súrlódási tényező μ=0,04.

a./ Mekkora a csapsúrlódásból származó fékezőnyomaték (M_f=?)?

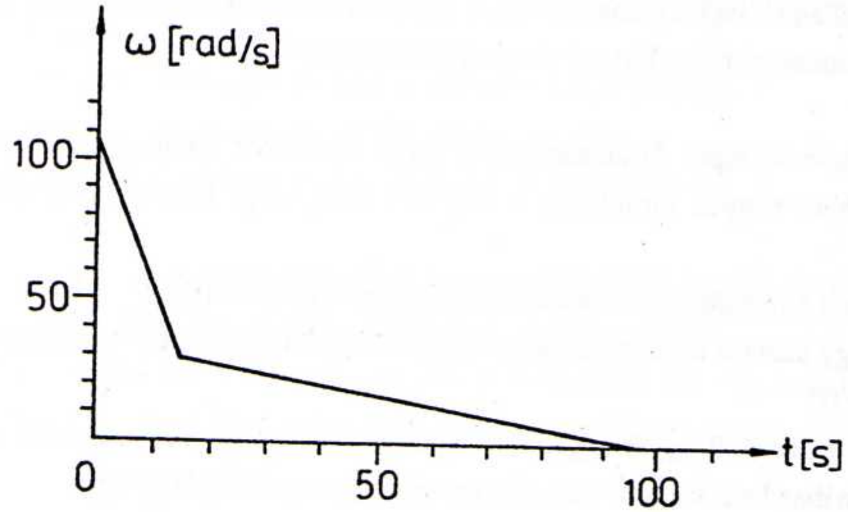
b./ Mennyi idő múlva fog az n=300/min fordulatszámnál magára hagyott lendkerék megállni (t_ℓ=?)?

c./ Hány fordulatot tesz meg ezalatt (i=?)?

50. Egy gépcsoport forgó részeinek szögsebessége a megállási szakaszban a 12. ábrán látható diagram szerint csökken. A forgó részek tehetetlenségi nyomatéka J=120 kg.m^2.

a./ Állapítsa meg a fékezőnyomaték nagyságát az egyes szakaszokban (M_{f1}=?; M_{f2}=?; M_{f3}=?)!

b./ Határozza meg, hogy hány fordulatot tesz a gép az egyes szakaszokban (i_1=?; i_2=?; i_3=?)!



12. ábra

51. Mekkora nyomaték gyorsította az m=5,4 kg tömegű, D=0,28 m átmérőjű, gyűrű alakú géprészt, ha a szögsebessége - i=300 fordulat közben - ω_1=57 rad/s-ról ω_2=94 rad/s-ra nőtt?

Kidolgozás:

A szögelfordulás:

φ=i.2π=300.2.3,14=1884 rad.

Ha a géprész "gyűrű alakú", akkor a teljes tömege gyakorlatilag az adott átmérőn helyezkedik el. Igy a tehetetlenségi nyomaték:

$$J = m\cdot r^2 = m\left(\frac{D}{2}\right)^2 = 5{,}4kg\cdot(0{,}14m)^2 = 0{,}106\ kg\cdot m^2.$$

A gyorsító nyomaték munkája a mozgási energia növekedésével egyenlő.

Ez utóbbi:

$$\Delta E_k = \frac{J\cdot\omega_2^2}{2} - \frac{J\cdot\omega_1^2}{2} = \frac{0{,}106kg\cdot m^2\cdot(94rad/s)^2}{2} - \frac{0{,}16kg\cdot m^2(57rad/s)^2}{2} = 468\ J - 172\ J = 29$$

A gyorsító nyomaték így:

$$M_d = \frac{\Delta E_k}{\varphi} = \frac{296J}{1884rad} = 0{,}157\ N\cdot m.$$

52. Egy munkagépet M_{ai}=2000 N.m állandó nyomatékkal indítunk. A terhelőnyomaték t_1=1 s-on át M_{t1}=1750 N.m, t_2=2 s-on át M_{t2}=200 N.m, ütemesen változik.

Az n_k=82,2/min közepes fordulatszámmal forgó részek D=1,8 m átmérőre redukált tömege m_{red}=2500 kg.

a./ Rajzolja meg az indítás idejére a szögsebesség változását az idő függvényében [ω=f(t)]!

b./ Mennyi idő kell az üzemi fordulatszám eléréséhez (t_i=?)?

c./ Mekkora állandó hajtónyomaték kell a közepes fordulatszám tartásához (M_h=?), és milyen egyenlőtlenségi fokot biztosít ekkor a lendkerék (δ=?)?

53. n_k=300/min közepes fordulatszámmal forgó lendkerék tengelyét ütemesen változó nyomaték terheli: negyed fordulaton át M_1=300 N.m, majd háromnegyed forduláton át M_2=70 N.m.

a./ Rajzolja meg a terhelésingadozást az idő függvényében [M=f(t)]!

b./ Milyen nagy állandó hajtónyomatékra van szükség, ha a közepes fordulatszámot tartani akarjuk (M_h=?)?

c./ Ábrázolja az m=150 kg tömegű, D=0,8 m átmérőjű tömör, tárcsa alakú lendítőkerék energiatartalmában bekövetkező változást az idő függvényében [ΔE_k=f(t)]!

54. Mennyi idő alatt gyorsítható fel egyenletesen a $J=13{,}2\ kg.m^2$ tehetetlenségi nyomatékú forgó géprész $n=600/min$ üzemi fordulatszámra, ha a teljesítmény nem haladja meg a $P=0{,}8$ kW értéket ($t_i=?$)? A csapsúrlódási nyomaték $M_s=1{,}35$ N.m.

55. Egy $m=10$ Mg tömegű lendkerék $t_i=10$ s alatt gyorsul fel az $n=250/min$ üzemi fordulatszámra. A kerék átmérője $D=2{,}6$ m, a redukálási tényező $\lambda=0{,}7$. A lendkerék tengelye $d=150$ mm átmérőjű két szimmetrikusan elhelyezett csapágyban forog. A csapsúrlódási tényező értéke $\mu=0{,}03$. Egy perccel azután, hogy a kerék elérte az üzemi fordulatszámot, áramkimaradás miatt leáll a hajtómotor.

a./ Mekkora a szabadkifutás ideje ($t_\ell=?$)?

b./ Mekkora teljesítmény szükséges az $n=250/min$ állandó fordulat biztosításához ($P=?$)?

56. Egy gépegység forgó része $r_1=0{,}4$ m sugáron elhelyezhető $m_1=46$ kg, $r_2=0{,}8$ m sugáron elhelyezkedő $m_2=310$ kg és $r_3=0{,}56$ m sugáron elhelyezkedő $m_3=82$ kg tömegből áll. A gép forgása közben $M_s=87$ N.m ellenállásokból adódó nyomaték ébred.

Mennyi idő alatt gyorsul fel a gép $n=2100/min$ fordulatszámra, ha az állandó indítónyomaték nagysága $M_{ai}=420$ N.m ($t_i=?$)?

57. A lendítőkerék tehetetlenségi nyomatéka $J=0{,}2\ kg.m^2$, a fordulatszáma $n=27\ s^{-1}$.

a./ Mekkora a mozgási energiája ($E_k=?$)?

b./ Mennyi idő alatt áll le a lendítőkerék a hajtóerő kikapcsolás után, ha a súrlódó nyomaték $M_s=30$ N.m ($t_\ell=?$)?

58. Egy gépcsoport forgó részeinek tehetetlenségi nyomatéka $J=62\ kg.m^2$. Az állandó indítónyomaték $M_{ai}=820$ N.m, a csapágyakban ébredő súrlódási ellenállás legyőzéséhez $M_s=165$ N.m nyomaték szükséges.

a./ Mennyi idő alatt gyorsul fel a gép $n=1200/min$ fordulatszámra ($t_i=?$)?

b./ Mennyi a mozgási energiája ezen a fordulatszámon ($E_k=?$)?

c./ Mekkora hajtónyomaték szükséges a fordulatszám tartására ($M_h=?$)?

59. Egy gépcsoport forgó részének tehetetlenségi nyomatéka $J=31\ kg.m^2$. Az elérni kívánt üzemi fordulatszám $n=1200/min$. A csapsúrlódási nyomaték $M_s=6$ N.m.

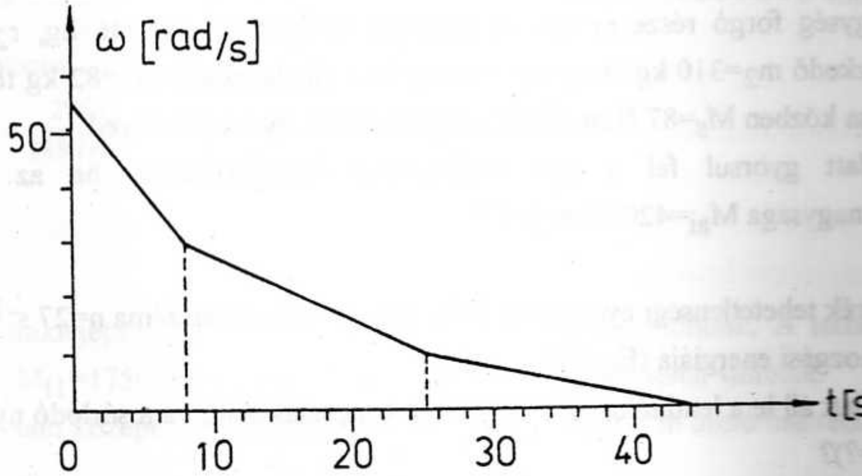
Mekkora állandó nyomaték szükséges az üzemi fordulatszámra oly módon történő felgyorsításához, hogy az indítási szakaszban megtett fordulatok száma $i=500$ legyen ($M_{ai}=?$)?

60. Egy gépcsoport forgó részének tehetetlenségi nyomatéka $J=8{,}5\ kg.m^2$. A fordulatszám $n=1000/min$. A megállási szakasz elején a csapsúrlódási nyomatékon kívül a fékezőnyomaték is hat a forgó részre. A szögsebesség ez alatt a 13. ábra szerint csökken.

a./ Mekkora a csapsúrlódási nyomaték (M_s=?)?

b./ Mekkora a külső fékezőnyomatéka (M_f=?)?

c./ Mennyi idő alatt állna meg a gép szabad kifutással (t_ℓ=?)?



12. ábra

61. A tömör alakú lendítőkerék d=160 mm átmérőjű tengelye két helyen szimmetrikusan van csapágyazva. A D=1,5 m átmérőjű lendkerék tömege m=2000 kg. A csapágyakban a súrlódási tényező $\mu=0{,}06$.

a./ Mekkora a csapsúrlódási nyomaték (M_s=?)?

b./ Készítse el a teljesítmény változásának diagramját az idő függvényében [P=f(t)]! A lendkerék az n=720/min fordulatszámot állandó gyorsító nyomaték hatására t_1=2 min alatt éri el, majd t_2=3 min állandó fordulatszámú üzemállapot után szabadon kifutva megáll.

c./ Mekkora külső fékezőnyomaték kell, hogy a lendítőkerék a szabad kifutás idejének fele alatt álljon meg (M_f=?)?

d./ Rajzolja meg a módosult megállási szakasz teljesítményvonalát. [P=f(t)]!

62. Az m=3000 kg tömegű, D=2,8 m átmérőjű lendítőkerék n=210/min fordulatszámmal jár. A redukálási tényező λ=0,8, a csapsúrlódások nyomatéka M_s=49 N.m.
a./ Mennyi idő múlva áll meg a kerék szabad kifutással (t_l=?)?
b./ A lendkerék kerületéhez kétoldalról, egymással szemben F_f=500 N erővel fékpofákat nyomunk. A súrlódási tényező μ=0,15. Mennyi ideig kell a fékpofákat a lendkerékhez szorítani, hogy az a szabad kifutás fele ideje alatt álljon meg (t_f=?)?

63. Egy m=25 kg tömegű, D=320 mm átmérőjű tömör tárcsát t_i=20 s alatt egyenletesen ω=69 rad/s szögsebessére gyorsítunk. A csapsúrlódási nyomaték M_s=0,1 N.m.
Ábrázolja a szükséges teljesítmény változását az idő függvényében a gyorsulási szakaszban és az azt követő állandó szögsebességű állapotban [P=f(t)]!

64. Egy motor lendítőkerekének tehetetlenségi nyomatéka J=0,5 kg.m^2.
a./ Mekkora a mozgási energiája n=90 s^{-1} fordulatszámon (E_k=?)?
b./ Mekkora nyomaték gyorsítja fel erre a fordulatszámra t_i=10 s alatt (M_d=?)?
Kidolgozás:
a./ A szögsebesség:
$\omega=2\pi.n=2.3,14.90\ s^{-1}=565,2\ s^{-1}$.
A mozgási energia:
$$E_k=\frac{1}{2}J\cdot\omega^2=\frac{1}{2}\cdot 0,25kg\cdot m^2\cdot 565,2^2(s^{-1})^2=79\ 862,76\ J.$$
b./ A szöggyorsulás:
$$\alpha=\frac{\omega}{t_i}=\frac{565,2s^{-1}}{10s}=56,52\ s^{-2}.$$
A gyorsító nyomaték:
$M_d=J.\alpha=0,5\ kg.m^2.56,52\ s^{-2}=28,26$ N.m.

65. Egy forgó géprészt t_i=35 másodperc alatt gyorsítunk fel egyenletesen az n=1000/min üzemi fordulatszámra. A gyorsítási szakasz végén mérhető legnagyobb teljesítmény P_{max}=185 W. A csapsúrlódási nyomaték M_s=0,35 N.m.
Mennyi a forgó géprész mozgási energiája az üzemi fordulatszámon (E_k=?)?

66. Egy négyhengeres, négyütemű dízelmotor lendítőkerekének tehetetlenségi nyomatéka $J=1,65\ kg.m^2$.

a./ Mekkora a szöggyorsulás (α=?)?

b./ Mennyi idő alatt gyorsul fel $n=70s^{-1}$ fordulatszámra, ha a ráható nyomaték $M_d=160$ N.m (t_i=?)?

c./ Mekkora a mozgási energia (E_k=?)?

Kidolgozás:

a./ A szöggyorsulás:

$$\alpha = \frac{M_d}{J} = \frac{160N \cdot m}{1,65kg \cdot m^2} = 96,97s^2.$$

b./ A szögsebesség:

$\omega=2\pi.n=2.3,14.70\ s^{-1}= 439,6\ s^{-1}$.

A felgyorsuláshoz szükséges idő:

$$t = \frac{\omega}{\alpha} = \frac{439,6s^{-1}}{96,97s^{-2}} = 4,53\ s.$$

c./ A mozgási energia:

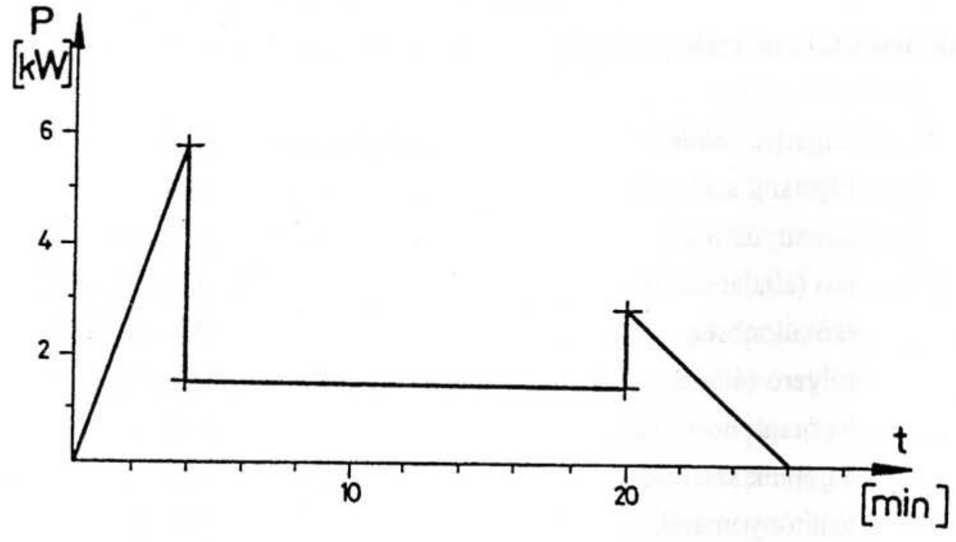
$$E_k = \frac{1}{2} J \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} 1,65kg \cdot m^2 \cdot 439,6^2 (s^{-1})^2 = 159\ 429,7\ J.$$

67. A 14. ábra egy lendítőkerékre ható nyomatékok teljesítményét szemlélteti. A tömör tárcsa alakú lendítőkerék tömege m=3000 kg, a tengelyének átmérője d=150 mm, a szimmetrikusan elhelyezett csapágyakban a súrlódási tényező μ=0,03.

a./ Mekkora a lendítőkerék fordulatszáma az állandó szögsebességű üzemállapotban (n=?)?

b./ Mekkora a lendítőkerék átmérője (D=?)?

c./ Jelölje ki a diagramban az állandó szögsebességhez tartozó mozgási energiával arányos területeket, és számítsa ki a mozgási energia nagyságát (E_k=?)!



14. ábra

68. A lendítőkerék tehetetlenségi nyomatéka $J=0,25\ kg.m^2$.

a./ Mennyi idő alatt gyorsul fel $n=50\ s^{-1}$ fordulatszámra, ha a forgatónyomaték $M=20\ N.m$ ($t_i=?$)?

b./ Mekkora a lendítőkerék mozgási energiája ($E_k=?$)?

III. A FOLYADÉK, MINT ENERGIAHORDOZÓ

III. 1. HIDROSZTATIKA

Fogalmak, jelölések, mértékegységek:

A_d	- dugattyú felülete	[m^2]
B	- hajótank szélesség	[m]
D	- dugattyúátmérő	[mm, m]
F	- erő (általánosan)	[N, KN, MN]
ΔF	- erőkülönbség	[N, kN, MN]
G	- súlyerő (általánosan)	[N, kN]
H	- hajótank hosszúság	[m]
M	- hajótank szélesség	[m]
M_h	- hajlítónyomaték	[N.m]
W	- munka (általánosan)	[J]
a	- gyorsulás	[$m.s^{-2}$]
b	- hasábhossz	[mm]
c	- kapuszélesség	[m]
d	- átmérő (általánosan)	[mm]
e, e_o	- közös higany- vagy vízszint magasság a manométer két szárában	[mm, m]
f	- karhossz	[mm]
g	- nehézségi gyorsulás	[$m.s^{-2}$]
h	- folyadékoszlop magasság (általánosan)	[mm, m]
Δh	- folyadékoszlop magasság különbség	[mm, m]
h_F	- erő támadáspontjának távolsága a vízikerék forgástengelyétől	[m]
i	- módosítás (áttétel)	
i_ℓ	- löketszám	
j	- rúdelmozdulás	[mm]
k	- kapumagasság	[m]
ℓ	- dugattyúelmozdulás	[mm]
m	- tömeg (általánosan)	[kg]
n	- vízréteg magasság dugattyú felett	[mm]
p	- hidrosztatikai nyomás	[Pa, kPa, bar]
p_a	- nyomás alsó közegváltási szinten	[Pa, kPa, bar]

p_A	- hidrosztatikai nyomás az A pontban	[Pa, kPa, bar]
p_{ab}	- abszolút nyomás	[Pa, kPa, bar]
p_k	- környezeti levegőnyomás	[Pa, kPa, bar]
p_s	- víznyomás a dugattyú és a tömítés közötti súrlódás figyelembe vételével	[Pa, kPa, bar]
p_t	- túlnyomás	[Pa, kPa, bar]
p_y	- víznyomás y magasságban	[Pa, kPa, bar]
p_z	- nyomás zárt térben	[Pa, kPa, bar]
Δp	- nyomáskülönbség	[Pa, kPa, bar]
q	- térfogatáram	[$dm^3.s^{-1}$, $\ell.s^{-1}$]
r	- sugár	[mm, m]
s	- dugattyúlöket (általánosan)	[mm]
t	- idő	[s]
u	- karhossz	[mm]
v	- vákuum	[%]
$\dot{v}_d$	- dugattyúsebesség	[$m.s^{-1}$]
v_{Hg}	- vákuum higany mérőfolyadékkal	[%]
v_v	- vákuum víz mérőfolyadékkal	[%]
w	- pallószélesség	[mm]
x	- dugattyúmagasság	[mm, m]
y	- vízmagasság (általánosan)	[mm, m]
z	- dugattyú tömítésmagasság (általánosan)	[mm]
α	- lejtőszög (kapudőlés szög)	[rad, fok]
μ	- súrlódási tényező	
η	- hatásfok	[%]
ρ_b	- bor sűrűsége	[$kg.m^{-3}$]
ρ_h	- vízben úszó hasáb sűrűsége	[$kg.m^{-3}$]
ρ_{Hg}	- higany sűrűsége	[$kg.m^{-3}$, $Mg.m^{-3}$]
ρ_n	- nátronlúg sűrűsége	[$kg.m^{-3}$]
$\rho_{o\ell}$	- olaj sűrűsége	[$kg.m^{-3}$]
ρ_{ok}	- kátrányolaj sűrűsége	[$kg.m^{-3}$]
$\rho_ö$	- szürkeöntvény sűrűsége	[$kg.m^{-3}$]
ρ_v	- víz sűrűsége	[$kg.m^{-3}$, $Mg.m^{-3}$]

69. A csőben h=300 mm-es vízoszlop áll. Mekkora a cső alján a hidrosztatikai nyomás bar-ban és Pa-ban (p=?)?

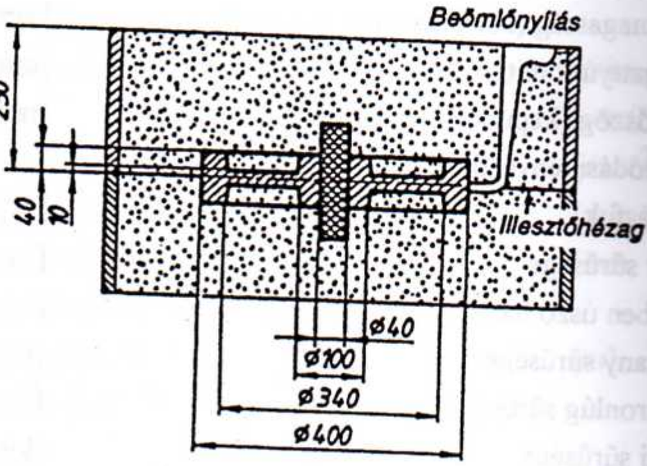
70. Mekkora a hidrosztatikai nyomás h=6000 m mélyen a tenger alatt (p=?)? (A tengervíz sűrűsége ρ_v=1030 kg/m^3)

71. A nátronlúggal telt tartály folyadékszintje h=3,25 m-re van az aljától. Mekkora nyomás nehezedik a tartály aljára bar-ban és Pa-ban, ha a nátronlúg sűrűsége ρ_n=1700 kg/m^3 (p=?)?

72. A higany sűrűsége ρ_{Hg}= 13 590 kg/m^3. Mekkora magas az a higanyoszlop, amely p=1000 mbar (0,1 MPa) nyomást hoz létre (h=?)?

73. A mélytengeri kutatásokra használt megfigyelőgömb két r=1,1 m sugarú acél félgömbből áll, amelyeket a víz nyomása egymáshoz szorít. A tengervíz sűrűsége ρ_v=1030 kg/m^3. Mekkora erő nyomja össze a két gömbfelet h=11 000 m mélyen (F=?)?

74. Számítsa ki azt az erőt, amellyel a folyékony fém az öntés során a hidrosztatikai nyomás következtében a 15. ábrán látható felső formázószekrényt megpróbálja leemelni (F=?). A szürkeöntvény sűrűsége $\rho_ö$=7200 kg/m^3.



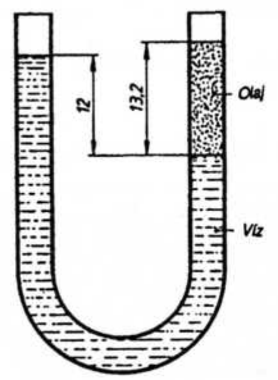
15. ábra

75. A víztartály alján h=2,4 m mélyen a lefolyónyílást d=160 mm átmérőjű lemez fedi. Mekkora erő nyomja a lemezt a nyílásra (F=?)?

76. A víztartály falában h=4,5 m-re a vízfelszín alatt d=80 mm átmérőjű nyílás található. Mekkora erővel kell kívülről a zárófedőt rászorítani (F=?)?

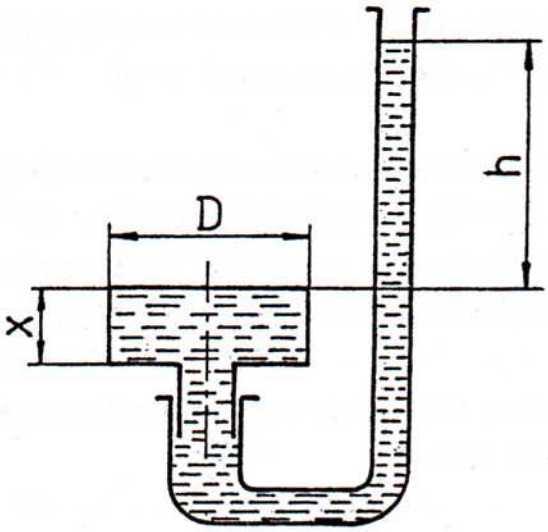
77. A munkaárkot szádfallal zárták el a víztől. A vízfelszín h=3,5 m-re van az árok aljától.
a./ Mekkora oldalerő hat a w=400 mm széles pallóra (F=?)?
b./ Milyen magasságban található ennek az erőnek a támadáspontja az árok aljától (h_F=?)?
c./ Mekkora a szádpalló hajlítónyomatéka az árok alján (M_h=?)?

78. A nyitott U alakú csövet olajjal és vízzel a 16. ábrán látható módon töltötték meg. Az olaj- és a vízoszlop egyensúlyban van.
Keressük:
a./ Az olaj sűrűségét ($\rho_{o\ell}$=?),
b./ A vízoszlop magasságát a határfelület felett (Δh=?), ha az olaj helyett ugyanolyan térfogatú kátrányolajat használunk (ρ_{ok}=1100 kg/m^3).



16. ábra

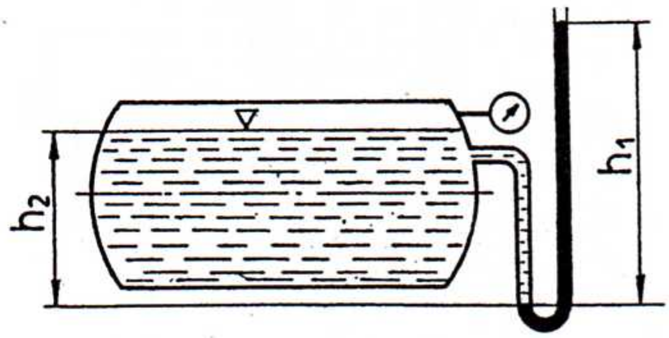
79. A 17. ábra szerinti üreges, alul nyitott, D=2 m átmérőjű és x=0,8 m magasságú dugattyú egy U alakú cső rövidebb, d=600 mm átmérőjű szárában elmozdulhat. A dugattyú falvastagságát és súlyát figyelmen kívül hagyjuk.
a./ A h=2,5 m magas vízoszlop hatására mekkora erő fogja a dugattyút elmozdítani, és milyen irányba (F=?)?
b./ Milyen összefüggésnek kell fennállnia a főméretek és a h vízoszlop magasság között ahhoz, hogy a dugattyú egyensúlyban legyen?



17. ábra

80. A 18. ábrán látható kazánhoz kapcsolt nyitott U-csöves manométer egyik szárában a higanyoszlop magassága h_1=1650 mm. A víz magassága h_2=850 mm. A higany sűrűsége ρ_{Hg}=13 590 kg/m^3.

Mekkora a kazán gőzterében uralkodó túlnyomás (p_t=?)?

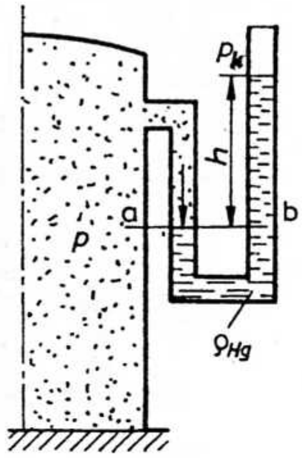


18. ábra

8l. A 19. ábra egy légtartályhoz kapcsolt folyadékoszlopos nyomásmérőt ábrázol, amelynek mérőfolyadéka ρ_{Hg}=13,6 Mg/m^3 sűrűségű higany. Az U-cső két szintje között h=1,25 m magasságkülönbség van.

a./ Mekkora a légtartályban uralkodó túlnyomás (p_t=?)?

b./ Mennyire kell meghosszabbítani az U-cső nyitott (külső) szárát, ha higany helyett ρ_v=1Mg/m^3 sűrűségű vizet használunk (h_1=?)?



19. ábra

Kidolgozás:

a./ Egyszerű szemlélettel igazolható, hogy a tartályban uralkodó nyomást az U-cső mindkét szárában az ab szinten találjuk, mert a csövet ettől lefelé egyensúlyt tartó egynemű folyadék tölti ki, amelynek egy-egy vízszintes rétegében a nyomás mindenütt ugyanakkora.

A légtartályban uralkodó túlnyomás:

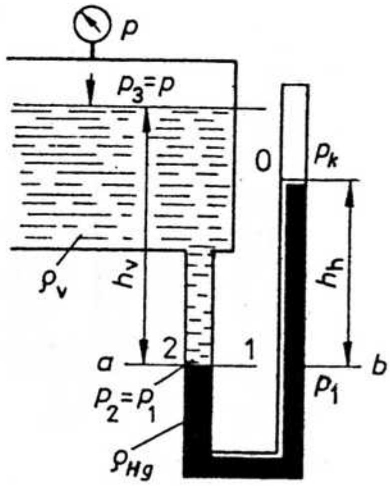
$p_t = p - p_k = h \cdot \rho_{Hg} \cdot g = 1{,}25$ m . $13{,}6 \cdot 10^3$ kg/m^3 . 9,81 m/s^2 = 166 770 Pa = 167 kPa.

b./ Ha mérőfolyadékul higany helyett ρ_v= 1 Mg/m^3 sűrűségű vizet használunk, akkor az U-cső nyitott (külső) szárát a számítható vízoszlopmagassággal kell meghosszabbítani.

$$h_1 \frac{p_t}{\rho_v \cdot g} = \frac{167 \cdot 10^3\, Pa}{10^3\, kg \cdot m^{-3} \cdot 9{,}81 m \cdot s^{-1}} = 17\ m.$$

82. A 20. ábra jelöléseivel a kazánhoz kapcsolt U-cső egyik szárában a ρ_{Hg}=13,6 Mg/m^3 sűrűségű higany oszlopmagassága h_h=18,3 m-rel magasabb, mint a másik szárban, amelynek higanytükrét a túlnyomáson kívül h_v=2,4 m magas, ρ_v=0,98 Mg/m^3 sűrűségű melegvízoszlop is terheli. A barométerállás a mérés időpontjában h_b=770 mm.

Mekkora a kazánban uralkodó teljes nyomás (p=?)?



20. ábra

Kidolgozás:

A kazánban uralkodó teljes nyomást abból a feltételből számítjuk, hogy az U-cső ab szintjében mindkét szárban ugyanakkora (p_1-p_2) nyomás van.

Irható:

$p_2=p+h_v.\rho_v.g$ és $p_1=p_k+h_h.\rho_{Hg}.g$, ahol $p_k=h_b.\rho_{Hg}.g$.

Az egyenletek összevonásával, rendezés után az eredmény:

$p=(h_b+h_h)\rho_{Hg}.g-h_v.\rho_v.g=$

$=(0,77+1,8)m\ .13,6\ .10^3kg/m^3\ .\ 9,81\ m/s^2-2,4\ m\ .\ 0,98.10^3kg/m^3.9,81m/s^2=$

$=(342,88-23,07).10^3$ Pa=319 810 Pa ≈ 320 kPa.

83. A 21. ábrán látható cső 1 és 2 pontjához kapcsolt differenciál-nyomásmérő mindkét szárát - a higany fölött - ρ_v=1 Mg/m^3 sűrűségű víz tölti ki. A ρ_{Hg}=13,6 Mg/m^3 sűrűségű mérőfolyadék szintjei között az U-cső szárában h=220 mm magasságkülönbséget olvasunk le.

Mennyi a nyomáskülönbség ($\Delta p=p_1-p_2$?)?

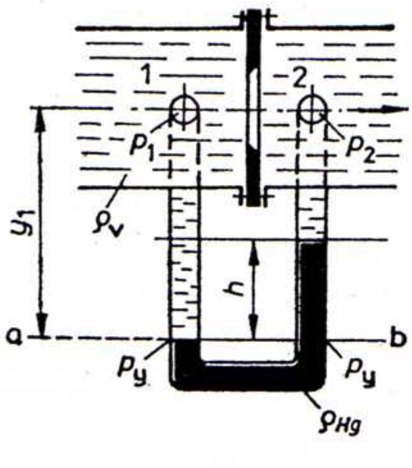
Kidolgozás:

Az ab szint magasságában a nyomás mindkét csőben p_y, amelynek nagysága a 21. ábra jelölésével

$p_y= p_1+y_1.\rho_v.g=p_2+y_2.\rho_v.g+h.\rho_{Hg}.g.$

$y_1-y_2=h$ helyettesítéssel, rendezés után a nyomáskülönbség

$\Delta p=p_1-p_2=h(\rho_{Hg}-\rho_v)g=$ 0,22m(13,6-1).10^3 kg/m^3.9,81 m/s^2=271 930 Pa ≈ 272 kPa.



21. ábra

84. Mindkét végén nyitott, U alakú üvegcsőbe higanyt töltünk. Ezután az egyik szárába vizet öntünk a higany fölé.

a./ Milyen magas vízoszlop szükséges ahhoz, hogy a higanyszintek között $\Delta h=16$ mm magasságkülönbség legyen (h=?)?

(A higany sűrűsége $\rho_{Hg}=13\ 600$ kg/m^3, a víz sűrűsége $\rho_v=1000$ kg/m^3.)

b./ Mennyi a nyomás a közegváltási szinten, azaz a víz és a higany érintkezési felületénél (p=?)?

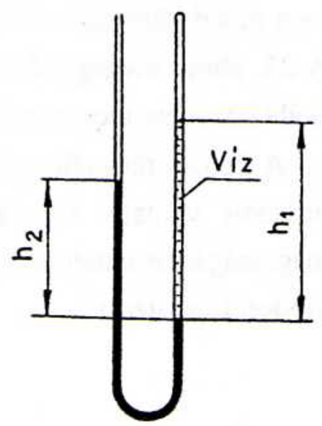
85. U alakú, részben higannyal töltött üvegcső egyik vége nyitott, a másik zárt. A zárt ágban a higanyszint h=153 mm-rel magasabban van, mint a nyitottban.

Mennyi a nyomás a zárt térben, ha a légköri nyomás $p_k=$ 99 kPa (p_z=?)? (A higany sűrűsége $\rho_{Hg}=13\ 600$ kg/m^3.)

86. U alakú, egyik végén nyitott, másik végén zárt üvegcsőben levegő, víz és higany helyezkedik el a 22. ábra szerint. Az oszlopmagasságok a következők: $h_1=346$ mm, $h_2=260$ mm. A légköri nyomás $p_k=100{,}5$ kPa. A higany sűrűsége $\rho_{Hg}=13\ 600$ kg/m^3, a víz sűrűsége $\rho_v=1000$ kg/m^3.

a./ Mennyi a nyomás a zárt térben (p_z=?)?

b./ Mennyi a nyomás a legalsó közegváltási szinten (p_a=?)?



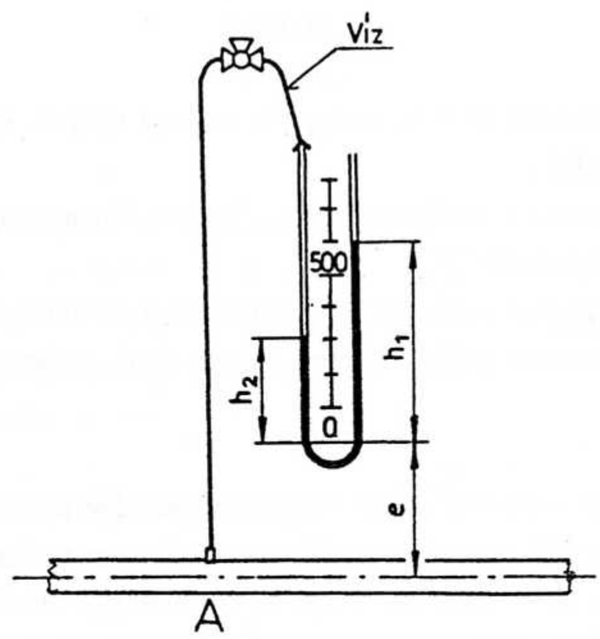
22. ábra

87. Vízszintes csővezetékben víz áramlik. A csővezeték A pontjára a 23. ábra szerint skálával felszerelt U csöves higanyos nomométert kötünk. A monométer terheletlen állapotában a közös higanyszint e_0= 450 mm-nél volt. Az A pontban várható nyomás p_A=150 kPa. A légköri nyomás p_k=98 kPa.

a./ Mekkora kitérésekre számíthatunk a manométer két szárában, ha e=510 mm?

b./ Mekkora kitérésekre számíthatunk,ha a manométer nulla szintjét a cső tengelyével egy magasságba helyezzük el (h_1=?; h_2=?)?

c./ Milyen magasra kell emelni a manométer nulla szintjét a cső tengelye fölé, hogy a kitérések különbsége nulla legyen (e=?)?



23. ábra

Kidolgozás:

A manométer terheletlen állapotán azt az állapotot értjük, amikor az U alakú üvegcsőbe töltött mérőfolyadékra mindkét ágban azonos nyomás nehezedik, és így a mérőfolyadék nem mutat kitérést.

A 23. ábrán megfigyelhető, hogy a skála 800 mm hosszú. Célszerű a közlekedő edényt a skála közepéig megtölteni, manométerként így lesz legjobban kihasználható.

a./ A kérdés megválaszolásához fel kell írnunk a manométer egyensúlyi egyenletét. Az A pontban várható nyomás nagyobb mint a légköri, tehát a körülbelül az A pont magasságában elhelyezett manométerben a mérőfolyadék - a higany - várhatóan a vázolt módon fog kitérni.

\ manométer egyensúlyi helyzetét a skála 0 szintjére, vagy a legalsó közegváltási szintre (itt ı h_2 távolság felső vége) írjuk fel. E szint alatt ugyanis a nyomás már azonos mértékben nő. E szintek bármelyikén a manométer - képzeletben - elvágva, a mindkét szárban elhelyezkedő mérőfolyadék nyugalomban maradna. E nyugalom mérés közben is fennáll, ogos tehát az a felvetés, hogy e szintekre mindkét oldalon ugyanakkora nyomás nehezedik. Ezek egyenlőségét kifejező összefüggés a manométer egyensúlyi egyenlete.

Az egyensúlyi egyenlet felírásánál mindkét oldalon a vizsgált szinttől legtávolabb eső helyről ndulunk. A bal oldali ágnál az A ponttól. A bekötővezetékben felfelé haladva a nyomás csökken. A legalsó közegváltási szintet - jelen esetben a vizsgált szintet - elérve, gondolatban tovább haladhatunk a bekötővezetékben fölfelé. Ez azonban felesleges, hiszen ı manométer bal oldali ágában lefelé haladva a nyomás megegyező mértékben újra növekedni fog.

E - mindig alkalmazott - gondolatmenet helyességének természetesen feltétele, hogy a bekötővezetéket a nyomásközvetítő közeg - jelen esetben a víz - teljesen kitöltse.

A légköri nyomásra a szokásos p_k jelölést alkalmazva, az egyensúlyi egyenlet ezek után:

$p_A-(e+h_2)\rho_v.g=p_k+(h_1-h_2)\rho_{Hg}.g.$

Az egyenletben két ismeretlen van - h_1 és h_2 -, felírható azonban, hogy

$$\frac{h_1+h_2}{2}=e_o=0,45\text{ m},$$

hiszen a mérőfolyadék a végig azonos átmérőjű üvegcsőben az eredeti helyzethez képest azonos mértékben mozdul el.

Az első egyenletbe behelyettesítve:

$150\,000\text{ kg/(m.s}^2)-(0,51\text{ m}+h_2)\,.\,1000\text{ kg/m}^3\,.9,81\text{ m/s}^2=$

$98\,000\text{ kg/(m.s}^2)+(h_1-h_2)\,.\,13\,600\text{ kg/m}^3\,.\,9,81\text{ m/s}^2.$

Ebből a második egyenlet felhasználásával: $h_2=0,284$ m = 284 mm, és $h_1=0,616$ m = 616 mm végeredményt kapunk.

b./ Ebben az esetben, ha e=0, a manométer egyensúlyi egyenlete egyszerűbb alakot ölt:

$p_A-h_2.\rho_v.g=p_k+(h_1-h_2)\rho_{Hg}.g.$

Újra felhasználva a mérőfolyadék szimmetrikus elmozdulására felírt összefüggést:

$h_2=0,264$ m = 264 mm, és $h_1=0,636$ m = 636 mm végeredményt kapunk.

c./ Ebben az esetben $h_1-h_2=0$,

a manométer egyensúlyi helyzete:

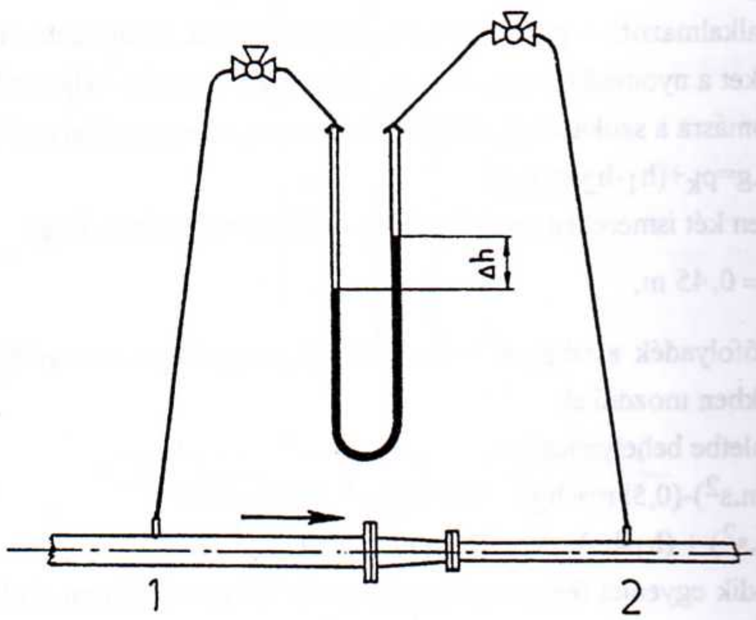
$p_A-(e+h_2)\rho_v \cdot g=p_k$.

Tudjuk, hogy $h_1=h_2=0{,}45$ m, így az egyismeretlenes egyenlet megoldása e=4,85 m.

88. Vízszintes csővezeték két pontjára U-csöves higanyos manométert kötünk a 24. ábra szerint. A csővezetékben víz áramlik. A nyomás mind az 1 mind a 2 jelű helyen a légköri nyomásnál kisebb.

a./ A csőszakaszt rövid ideig túlnyomás alá helyezve, a háromjáratú csapokon légtelenítjük, a nyomásközvetítő közeg víz. Mennyi a nyomáskülönbség az 1 és 2 jelű hely között, ha $\Delta h=121$ mm (Δp=?)?

b./ Mennyi lenne a kitérés az előbbi nyomáskülönbség esetén, ha a nyomásközvetítő közeg levegő lenne (Δh_ℓ=?)?



24. ábra

89. Mindkét végén nyitott U alakú üvegcsövet manométerként kívánunk használni. A mellette elhelyezkedő skála hossza 150 cm. A manométer légtartályában levő vákuumot kell mérnünk. A légköri nyomást tekintsük p_k=100 kPa-nak.

a./ Milyen magasan kell megtölteni az U-csövet mérőfolyadékkal, hogy a skálát teljes egészében kihasználhassuk (h=?)?

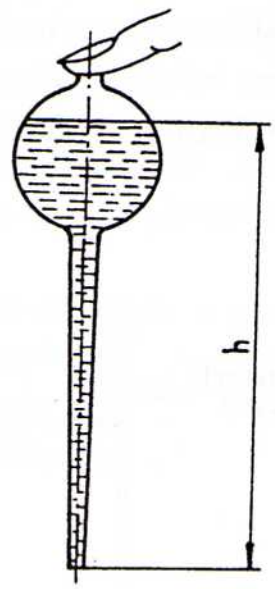
b./ Hány százalék, a pillanatnyi légköri nyomáshoz viszonyított vákuumot tudunk mérni, ha a mérőfolyadék víz (v_v=?)?

c./ Hány százalék vákuumot tudunk mérni, ha a mérőfolyadék higany (v_{Hg}=?)?

90. A 25. ábrán látható lopóban ρ_b=900 kg/m^3 sűrűségű bor van. A légköri nyomást tekintsük p_k=100 kPa-nak!

a./ Mekkora a nyomás a lopó légterében, ha h=600 mm (p=?)?

b./ Mennyi erő hat a d=15 mm átmérőjű nyílást lezáró ujjra (F=?)?



25. ábra

91. A d=15 mm átmérőjű tömlő nyílását ujjunkkal kell elzárni. Mekkora erőt kell kifejteni, ha a tömlőben a víz nyomása p=0,45 MPa (F=?)?

92. Egy légtartályban a külső légköri nyomáshoz viszonyított v=78 %-os vákuum van. A barométerállás h=765 Hgmm.

Mennyi az abszolút nyomás és a túlnyomás a tartályban (p_{ab}=?; p_t=?)? (A környezeti nyomás p_k=102 kPa.)

Kidolgozás:

A 0 %-os vákuum jelenti a légköri nyomást, a 100 %-os vákuum a légüres teret.

Jelölje a tartálybeli nyomást p, amíg a légköri nyomás p_k.

Ismert a barométerállás: h=765 Hgmm és a %-os vákuum: v=78 %.

Számítsuk ki a légköri nyomást!

$p_k = h \cdot \rho_{Hg} \cdot g = 0{,}765\ m \cdot 13\ 600\ kg/m^3 \cdot 9{,}81\ m/s^2 = 102\ 000\ Pa.$

A p_{ab} abszolút nyomás a fenti értelmezés szerint:

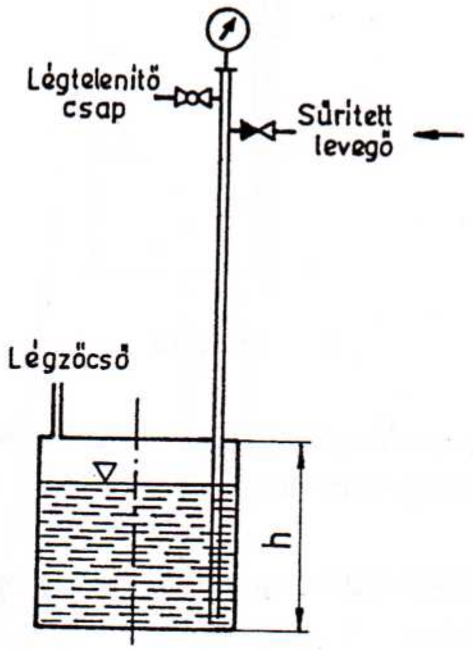
$p_{ab} = (1-v)p_k = (1-0{,}78)\ 102\ kPa = 22{,}4\ kPa.$

A p_t túlnyomás:

$p_t = p_{ab} - p_k = 22{,}4\ kPa - 102\ kPa = -79{,}6\ kPa.$

93. Egy hajóban levő édesvíztankban a víz mennyiségét a 26. ábrán látható módon mérjük. A tankba függőleges cső nyúlik, amelynek felső végére dobozos manométert kötünk. A csőre visszacsapó szelepen keresztül (az áramlás csak a nyíl irányába lehetséges) sűrített levegő vezetéket csatlakoztatunk. A függőleges csőbe mindig addig engedünk levegőt, amíg a dobozos manométer mutatójának kitérése növekszik, azaz míg a víz a csőből teljesen ki nem szorul, és felesleges levegő alul távozni nem kezd.

Ábrázolja a manométerben barban leolvasható túlnyomás függvényében a tartályban levő víz mennyiségének változását [$V=f(p_t)$]! A tartály vízszintes keresztmetszete $A=3{,}2\ m^2$, a magassága h=2,5 m.



26. ábra

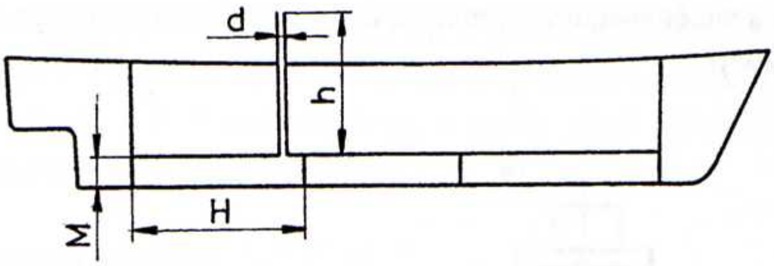
94. Egy hajó kettősfenék tankjának szellőzőcsöve függőleges, a tank tetejétől számítva h=5 m magasan végződik, belső átmérője d=92,8 mm. A tank H=6,5 m hosszú, B=3 m széles és M=600 mm magas (27. ábra).

a./ Mekkora erővel terheli a tank fenekét a benne lévő édesvíz, ha a tank éppen tele van (F_1=?)?

b./ Milyen tömeg édesvízzel tudunk többet szállítani, ha a szellőzőcsövet is teljesen feltöltjük (m=?)?

c./ Mekkora erővel terheli ekkor az édesvíz a tank fenekét (F_2=?)?

d./ Mekkora erő hat ekkor a tank tetejére (F_3=?)?



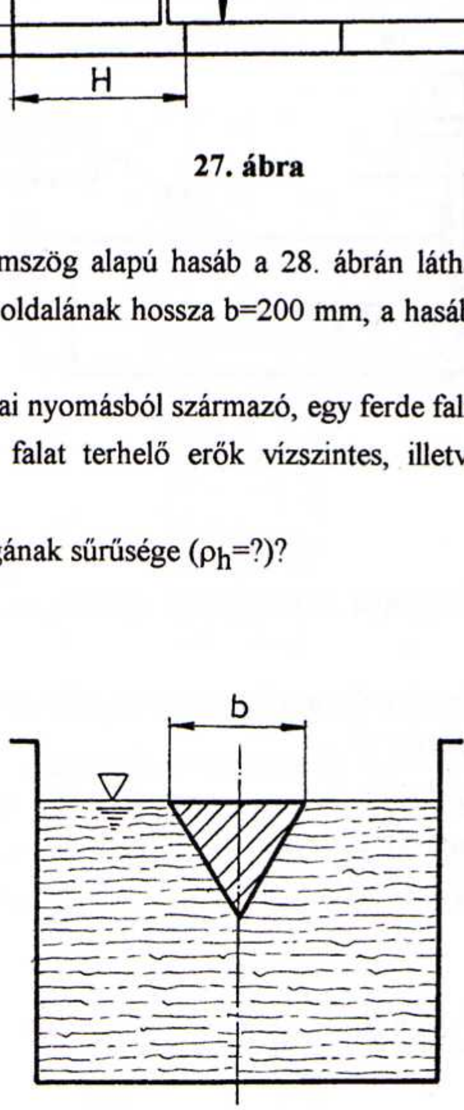
27. ábra

95. Egyenlő oldalú háromszög alapú hasáb a 28. ábrán látható módon helyezkedik el a vízben. A háromszög egy oldalának hossza b=200 mm, a hasábnak a rajz síkjára merőleges hosszúsága ℓ=500 mm.

a./ Mekkora a hidrosztatikai nyomásból származó, egy ferde falra merőleges erő (F=?)?

b./ Mekkora a két ferde falat terhelő erők vízszintes, illetve függőleges összetevőinek összege (F_h=?; F_v=?)?

c./ Mekkora a hasáb anyagának sűrűsége (ρ_h=?)?

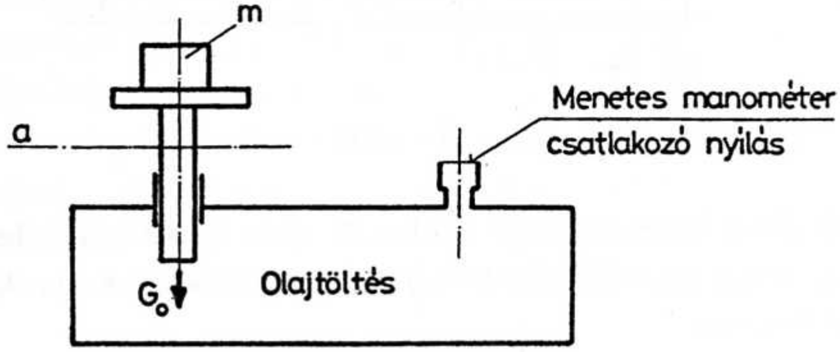


28. ábra

96. A 29. ábrán nyomás mérésére szolgáló alapmérőeszköz, egy olajjal telt - méréskor zárt - tartály látható. A bal oldali tálcát mérőtömeggel terheljük. A zárt folyadék nyomása számítható. A különféle nyomásokkal összevethetők a jobb oldalon csatlakoztatott, manométerről leolvasott értékek. A tálca és a hozzá csatlakozó dugattyú tömege, m_o=1 kg, a dugattyú keresztmetszete, A= 2 . 10^{-4} m^2.

a./ Mekkora a túlnyomás a zárt térben, ha a tálcán nincs teher (p_t=?)

b./ Mekkora a mérőtömegre van szükségünk, ha a maximum p_t=10 bar túlnyomást akarunk előállítani (m=?)?



29. ábra

Kidolgozás:

a./ Az olajtér nyomása a dugattyú által létesített nyomás, a dugattyúerő és a dugattyú-keresztmetszet hányadosa.

Az olajtér túlnyomását a tálca és a dugattyú együttes m_o tömegének súlya hozza létre:

$$p_t = \frac{G_o}{A} = \frac{m_o \cdot g}{A} = \frac{1kg \cdot 9{,}81 m/s^2}{2 \cdot 10^{-4} m^2} = 49\ 050\ Pa = 0{,}49\ bar.$$

b./ p_t=10 bar. A G_o súly most is hat, de hat a G=m.g súly is.

$$p_t = \frac{G_o + m \cdot g}{A}, \text{ azaz } m = \frac{p \cdot A - G_o}{g}.$$

Behelyettesítve:

$$m = \frac{10 \cdot 10^5 Pa \cdot 2 \cdot 10^{-4} m^2 - 9{,}81 N}{9{,}81 m/s^2} = 19{,}4\ kg.$$

97. Egy folyadékkal töltött csille ferde lejtőn gurul lefelé.

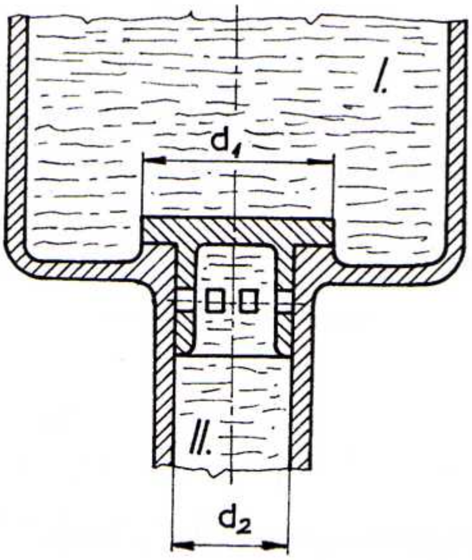
Milyen a szabad felszín alakja a nyomáseloszlás (p=?) a folyadékban?

Kidolgozás:

A csillével együtt gyorsuló koordináta-rendszerből nézve, a folyadékra ható tömegerő-sűrűség a 29. ábrán látható g és "a" vektori eredője.

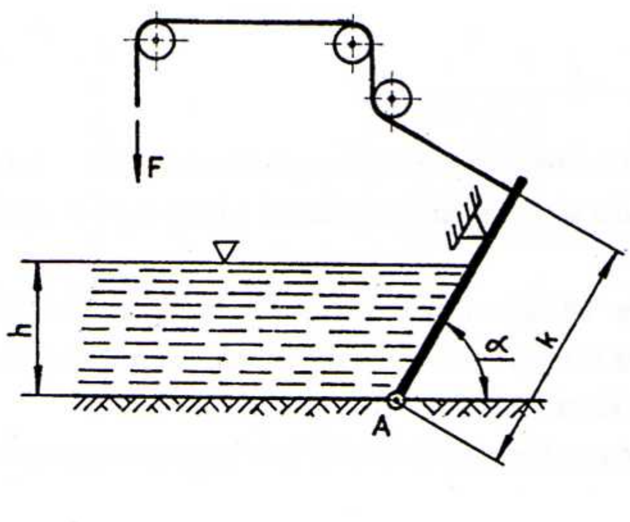
Amennyiben a súrlódás és a kerekek tehetetlenségi nyomatéka kicsi, úgy a csille gyorsulása $a = g.\sin\alpha$. Ilyenkor a folyadék felszíne párhuzamos a lejtővel, a nyomás pedig h mélységben $p = \rho_V . g . h . \cos\alpha$.

98. Két víztározót szelep köt össze, amely különböző víznyomás esetén nyit, illetve zár (30. ábra). Az I. tározóban p_1=3 MPa túlnyomás nyomja a d_1=200 mm átmérőjű szeleptányért. Mekkorának kell lenni a d_2 átmérőnek, hogy a szelep p_2=6 MPa túlnyomás esetén kinyíljon? (A szelep saját súlyerejétől eltekintünk.)



30. ábra

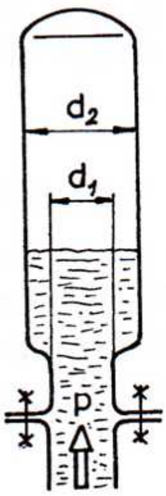
99. A 31. ábrán látható kaput F=36 kN erővel tartjuk rajzolt helyzetében; k=4,5 m. A kapu szélessége c=3 m, a kapu vízszintessel bezárt szöge α=60°. Milyen vízállásnál kezd a kapu az A csuklós él körül elfordulva nyitni (h=?)? A kapu önsúlyát hagyja figyelmen kívül!



31. ábra

100. Egy nagy h=3 m magasan folyadékkal telt tartály oldalán különböző mélységben két kis kilépő nyílást kívánunk furatni. A felszín alatt h_1= 2 m mélyen levő nyílás fölött milyen magasan legyen a másfélszer akkora furat, ha azt akarjuk, hogy a kilépő térfogatáram azonos legyen (h_2=?)?

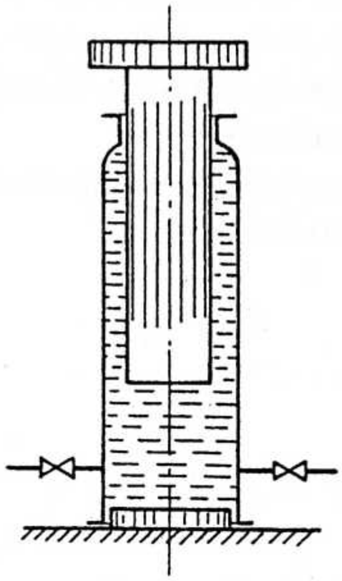
101. A 32. ábra egy dugattyús szivattyú nyomólégüstjét szemlélteti. A beömlőnyílás átmérője d_1=150 mm, a légüst belső átmérője d_2=300 mm. A légüst nyomott oldalát a vízlökéseken keresztül p=1,5 MPa terheli.
Mekkora erő próbálja leemelni a nyomólégüstöt a csőperemről (F=?)?



32. ábra

102. A hidraulikus berendezés p=16 MPa nyomással működik. A munkahengerre F=80 kN erő hat. Számítsa ki a súrlódás elhanyagolásával a henger átmérőjét (D=?)!

103. A 33. ábrán látható víznyomásos emelő dugattyújának átmérője D=200 mm. A dugattyú tömege az emelőpaddal együtt m=1300 kg. A dugattyú mozgatásakor F_s=5000 N súrlódási ellenállás ébred.
Mekkora terhet tud ez a berendezés emelni, ha a víz nyomása p=25 bar (m_t=?)?

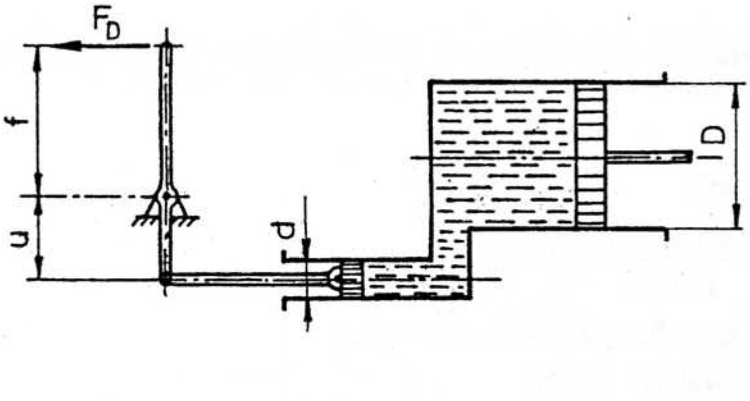


33. ábra

104. A 34. ábrán látható csuklós rudazat végén F_d=450 N erő hat. A karhosszak: f=200 mm, u=50 mm. A rudazat d=40 mm átmérőjű dugattyúhoz csatlakozik. A nyomott folyadékot határoló nagyobb dugattyú átmérője D=200 mm.

a./ Mekkora erőt kell a nagyobb dugattyúra kivülről kifejteni, hogy a rendszer mozdulatlan maradjon (F_D=?)?

b./ Ha a függőleges rúd felső végét j=10 milliméterrel balra mozgatjuk, mennyit fog elmozdulni a nagyobb átmérőjű dugattyú (ℓ=?)?



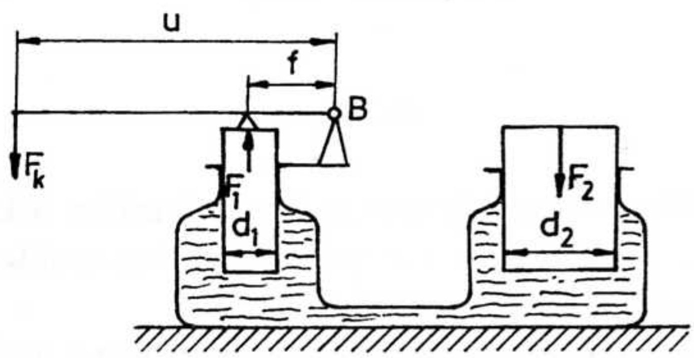
34. ábra

105. A 35. ábrán kézi működtetésű hidraulikus emelő látható, amelynél bőr tömítést alkalmaznak A súrlódási tényező mindkét oldalon μ=0,1. Az emelőkarok hosszai: f=100 mm, u=800 mm. Az emelőrúd végét F_k=300 N erővel nyomjuk le.

a./ Mekkora nyomás lép fel a folyadékban (p=?)?

b./ Számítsa ki a munkahenger dugattyúját egyensúlyban tartó erőt (F_2=?)!

c./ Mennyi a hidraulikus emelő hatásfoka (η=?)?



35. ábra

Kidolgozás:

a./ Az emelőkarra ható erők nyomatéka a B forgáspontra, ha a d_1 átmérőjű dugattyúra F_1 erő hat:

$F_k \cdot u = F_1 \cdot f$, ebből

$$F_1 = \frac{F_k \cdot u}{f} = \frac{300N \cdot 800mm}{100mm} = 2400N.$$

A nyomódugattyúnál fellépő súrlódási veszteség:

$F_{s1}=\mu.F_1$=0,1 . 2400 N= 240 N.

A folyadékra ható nyomóerő:

$\Delta F_1=F_1- F_{s1}$= 2400N-240N= 2160 N.

A nyomódugattyú felülete:

$$A_{d1} = \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} = \frac{0,040^2 m^2 \cdot 3,14}{4} = 0,001256 m^2 = 1,256 \cdot 10^{-3} m^2.$$

A folyadékban fellépő nyomás:

$$p = \frac{\Delta F_1}{A_{d1}} = \frac{2,16 \cdot 10^3 N}{1,256 \cdot 10^{-3} m^2} = 1,720 \cdot 10^6 Pa = 1,72 \ MPa.$$

b./ A munkadugattyú felülete:

$$A_{d2} = \frac{d_2^2 \cdot \pi}{4} = \frac{0,3^2 m^2 \cdot 3,14}{4} = 0,07065 m^2 = 7,065 \cdot 10^2 m^2.$$

A munkadugattyúra ható erő:

$$\Delta F_2 = A_{d2} \cdot p = 1,256 \cdot 10^{-3} m^2 \cdot 1,72 \cdot 10^6 Pa = 2,16 \cdot 10^3 N = 2,16 \ kN.$$

A munkadugattyú súrlódási ereje:

$$F_{s2} = \mu \cdot \Delta F_2 = 0,1 \cdot 2,16 kN = 0,216 \ kN.$$

A munkadugattyút egyensúlyban tartó erő:

$$F_2 = \Delta F_2 - F_{s2} = 2,16 kN - 0,216 kN = 1,944 \ kN.$$

c./ A nyomóhenger hatásfoka:

$$\eta_1 = \frac{\Delta F_1}{F_1} = \frac{2160 N}{2400 N} = 0,9.$$

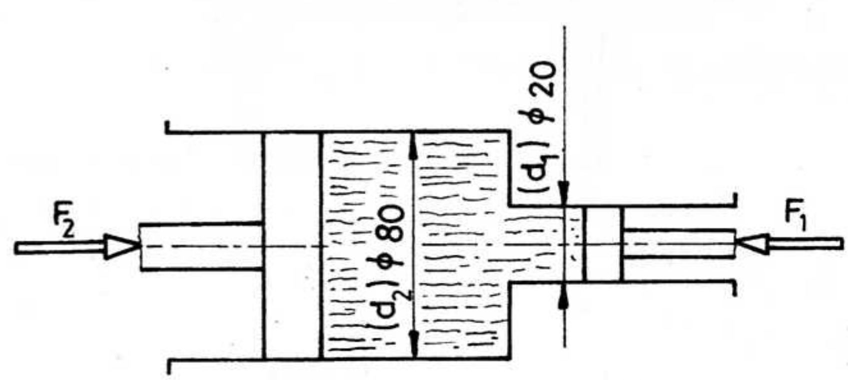
A munkahenger hatásfoka:

$$\eta_2 = \frac{F_2}{\Delta F_2} = \frac{1,944 kN}{2,160 kN} = 0,9.$$

A hidraulikus emelőmű hatásfoka :

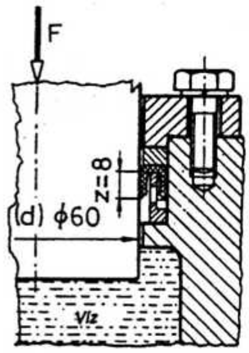
$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 = 0,9 \cdot 0,9 = 0,81 = 81$ %.

106. A 36. ábrán látható a két dugattyú közé zárt folyadék p=0,6 MPa nyomás alatt áll. Számítsa ki a súrlódás elhanyagolásával a két tolórúdban fellépő erőket (F_1=?; F_2=?)!



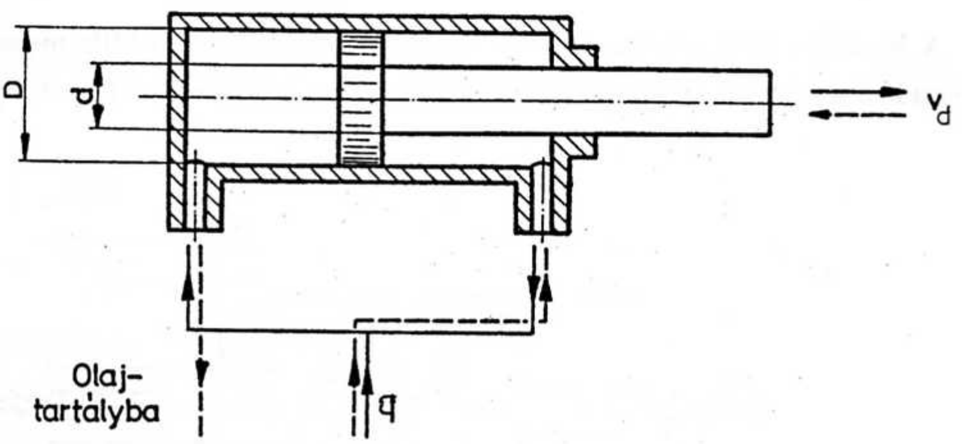
36. ábra

107. A d=60 mm átmérőjű búvárdugattyú a z=8 mm magas fésűs tömítésen keresztül a víz nyomására elzáródik (37. ábra). A dugattyút F=6,5 kN erő terheli.
Mekkora víznyomást hoz létre a dugattyú,
a./ ha a dugattyú és a tömítés közötti súrlódástól eltekintünk (p=?),
b./ ha a súrlódási tényező μ=0,12 (p_S=?)?



37. ábra

108. A 38. ábra ún. kettős működésű hidraulikus munkahengert szemléltet, amely egy hidraulikus erőátviteli rendszer része. A rendszer szivattyújának olajszállítása (térfogatárama) q állandó. A szállítás megfelelően váltakozó irányát (folytonos és szaggatott vonalak) ún. vezérlőtolattyú biztosítja.
Mekkora legyen a D/d viszony, ha azt akarjuk, hogy a v sebesség nagysága mindkét irányú mozgásnál azonos legyen?



38. ábra

109. Egy kézi hajtású víznyomásos kocsiemelő terhelése F_1=15 kN, a kéziszivattyú dugattyújával átvihető erő F_2=0,3 kN. A szivattyú dugattyúátmérője d=50 mm.

a./ Mekkora az emelődugattyú átmérője (D=?)?

b./ Mekkora a henger belsejében keletkező túlnyomás teljes terhelés esetén (p_t=?)?

Kidolgozás:

A szükséges áttétel:

$$i = \frac{F_1}{F_2} = \frac{15kN}{0,3kN} = 50.$$

A szivattyú dugattyújának felülete:

$$A_{d2} = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{5^2 cm^2 \pi}{4} = 19,6\ cm^2.$$

Az emelődugattyú felülete:

$$A_{d1} = i \cdot A_{d2} = 50 \cdot 19,6 cm^2 = 980\ cm^2.$$

$$A_{d1} = \frac{D^2 \pi}{4},$$ ebből a dugattyú átmérője:

$$D = \sqrt{\frac{4A_{d1}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 980 cm^2}{\pi}} = 35,3cm = 353\ mm.$$

A henger belsejében keletkező túlnyomás teljes terhelés esetén:

$$p_t = \frac{F_2}{A_{d2}} = \frac{0,3kN}{0,00196m^2} = 153\ kPa.$$

109. A 39. ábrán látható hengeres, nyitott edénybe vízmentesen záró és feltételezésünk szerint súrlódásmentesen elmozdítható dugattyút helyezünk.

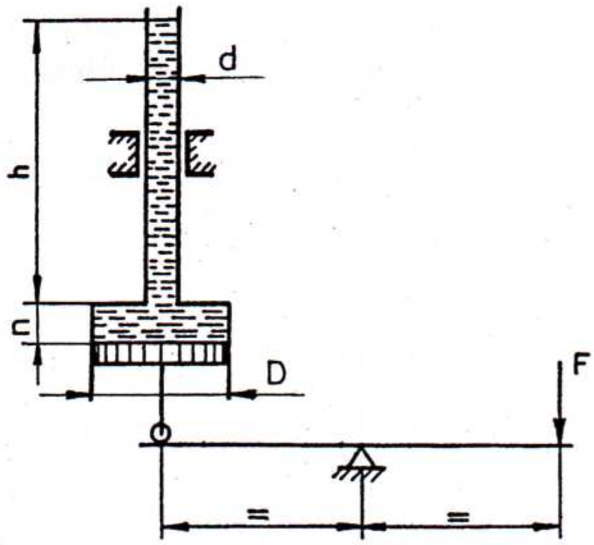
A dugattyú átmérője D=250 mm, az edény vékonyabb részének átmérője d=73 mm. Az edény és a dugattyú tömege elhanyagolhatóan kicsi.

a./ Mekkora az egyensúlyozó erő (F=?), ha a dugattyú fölött levő n=120 mm magas vízréteg az edény nagyobb átmérőjű részét a 39. ábra szerint éppen kitölti?

b./ Mennyi lesz az edényben levő víz súlya, ha h=700 mm magasan az edény vékonyabb részét is megtöltjük (G=?)?

c./ Mekkora lesz ebben az esetben az F erő?

d./ Milyen nagyságú erő fog ebben az esetben az edényre hatni (F_e=?)?



39. ábra

111. A hidraulikus emelő adatai:

- a nyomódugattyú átmérője d_1=20 mm,
- a munkadugattyú átmérője d_2=280 mm,
- a nyomódugattyú tömítésének magassága z_1=8 mm,
- a munkadugattyú tömítésének magassága z_2=20 mm,

A fésűs tömítések súrlódási tényezője μ=0,12. A nyomódugattyút F_1=2 kN erő terheli, a lökete s_1=30 mm.

Keressük:

a./ a p folyadéknyomást,
b./ az emelő hatásfokát (η=?),
c./ a fellépő F_2 emelőerőt,
d./ a munkadugattyú s_2 lökethosszát, a nyomódugattyú egyes löketekor,
e./ az egyes löketre fordított W_1 munkát,
f./ az egyes löket W_h hasznos munkáját,
g./ hány löketre van szükség a munkadugattyú 28 mm-es útjához (i_ℓ=?)?

112. A billenőteknős csille emelőhengerének furatátmérője d=210 mm, lökethossza s=930 mm. A billenés megkezdéséhez F=520 kN erő kell. Egy löket t=20 másodpercig tart.

a./ Mekkora a hengerben az olajnyomás a löket kezdetén (p=?)?
b./ Mekkora a szivattyúban a térfogatáram l/min-ban (q=?)?

III. 2. HIDRODINAMIKA

Fogalmak, jelölések, mértékegységek

A	- csőkeresztmetszet	[m^2]
A_ℓ	- vízikerék lapátfelület	[m^2]
D (d)	- átmérő (általánosan)	[mm, m]
F	- erő (általánosan)	[N, kN]
F_d	- impulzuserő	[N, kN]
F_i	- impulzuserő ellenereje	[N, kN]
G	- súlyerő (általánosan)	[N, kN]
H	- szivattyúzási magasság (vízoszlopmagasság)	[m]
H_{ab}	- abszolút hiba	[N]
ΔI	- impulzusváltozás (mozgásmennyiség változás)	[$kg.m.s^{-1}$]
K	- arányossági tényező a veszteségmagasságoknál	[$s^2.m$]
M	- nyomaték (általánosan)	[N.m, m.kN]
M_s	- súrlódási nyomaték	[W, kW]
P_{Ph}	- teljesítmény (általánosan)	[W, kW]
P_{max}	- legnagyobb teljesítmény	[W, kW]
P_{hmax}	- legnagyobb hasznosítható teljesítmény	[W, kW]
R (r)	- sugár (általánosan)	[mm, m]
Re	- Reynolds-szám	
Re_{kr}	- kritikus Reynolds-szám	
T	- hőmérséklet (általánosan)	[K]
V	- térfogat	[dm^3, ℓ, m^3]
ΔV	- térfogatváltozás	[dm^3, ℓ, m^3]
W	- munka (általánosan)	[J, kJ]
a	- manométer bekötési távolság	[mm, m]
b	- csatornaszélesség	[mm, m]
c	- tartálymagasság	[mm, m]
g	- nehézségi gyorsulás	[$m.s^{-2}$]
h	- folyadékoszlop magasság (általánosan)	[mm, m]
Δh	- folyadékszint különbség	[mm, m]
k	- arányossági tényező	
ℓ	- hosszúság (csőhossz, csatornahossz)	[mm, m]
ℓ_e	- egyenértékű csőhossz	[mm, m]
m	- tömeg (általánosan)	[kg]

$\dot{m}$	- tömegáram	[$kg.s^{-1}$, $Mg.s^{-1}$]
n	- fordulatszám	[s^{-1}, min^{-1}]
n_{opt}	- optimális fordulatszám	[s^{-1}, min^{-1}]
p	- nyomás (általánosan)	[Pa, kPa, bar]
p_t	- túlnyomás	[Pa, kPa, bar]
p_k	- környezeti levegőnyomás	[Pa, kPa, bar]
Δp	- nyomáskülönbség	[Pa, kPa, bar]
t	- idő	[s]
Δt	- időkülönbség	[s]
q	- térfogatáram (általánosan)	[$m^3.s^{-1}$, $m^3.h^{-1}$]
u	- beton csúszó ládasebesség vízsugár hatására	[$m.s^{-1}$]
v	- sebesség	[$m.s^{-1}$]
v_{kr}	- kritikus áramlási sebesség	[$m.s^{-1}$]
v_{ker}	- kerületi sebesség	[$m.s^{-1}$]
x	- távolsági változó	[mm, m]
y	- vízmagasság (általánosan)	[mm, m]
α	- idomdarabok függőlegessel bezárt szöge	[rad, fok]
β	- irányváltoztatási szög csőívben	[rad, fok]
γ	- eredőerő x tengellyel bezárt szöge	[rad, fok]
δ	- csőemelkedési szög	[rad, fok]
η_m	- mechanikai hatásfok	[%]
η_{sz}	- szivattyúhatásfok	[%]
λ	- csősúrlódási tényező	
μ	- súrlódási tényező	
ν	- kinematikai viszkozitás (általánosan)	[$m^2.s^{-1}$]
ξ	- veszteségtényező (általánosan)	
π	- 3,14	
ρ	- sűrűség (általánosan)	[$g.cm^{-3}$, $kg.m^{-3}$]
ρ_f	- folyadéksűrűség	[$kg.m^{-3}$]
ρ_v	- víz sűrűsége	[$kg.m^{-3}$]
ρ_b	- benzin sűrűsége	[$g.cm^{-3}$, $kg.m^{-3}$]
ρ_ℓ	- levegő sűrűsége	[$kg.m^{-3}$]
$\rho_{o\ell}$	- kőolaj sűrűsége	[$kg.m^{-3}$]
Σ	- összegzés szimbóluma	
φ	- vízsugár hajlásszöge	[rad, fok]
ω	- szögsebesség	[$rad.s^{-1}$, s^{-1}]

113. A 40. ábrán vázolt csővezeték-hálózatot három szivattyú táplálja. Az ábra jelöléseivel a szivattyúk vízszállítása:

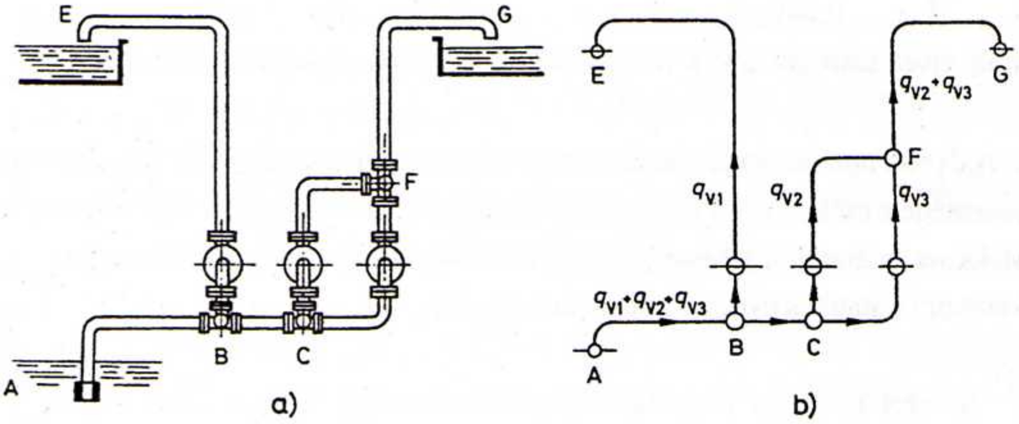
$q_{v1}=150\ m^3/h$,

$q_{v2}=80\ m^3/h$,

$q_{v3}=40\ m^3/h$.

A csőátmérő az egész hálózaton d=250 mm.

Mennyi az egyes csőszakaszokban a víz áramlási sebessége (v=?)?



a) szivattyúelrendezés; *b)* kapcsolási vázlat

40. ábra

Kidolgozás:

A közös szívócsőben áramló folyadékmennyiség:

$q_{VAB}=q_{v1}+q_{v2}+q_{v3} = 150\ m^3/h+80\ m^3/h+40\ m^3/h = 270\ m^3/h$,

$q_{VBC}=q_{v2}+q_{v3} = 80\ m^3/h+40 m^3/h = 120\ m^3/h$.

A szívócső keresztmetszete:

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{0,25^2 m^2 \cdot 3,14}{4} = 0,049\ m^2.$$

A másodpercenként átfolyó vízmennyiség (térfogatáram) pedig

$$q_{VAB} = \frac{270 m^3 / h}{3600 s / h} = 0,075\ m^3 / s = 75\ dm^3 / s.$$

Az áramlás sebessége az AB szakaszon:

$$v_{AB} = \frac{q_{AB}}{A} = \frac{0,075 m^3 / s}{0,049 m^2} = 1,53\ m / s.$$

A BC szakaszon ugyanekkora csőkeresztmetszeten csak

$$q_{VBC} = \frac{120 m^3 / h}{3600 s / h} = 0,033\ m^3 / s$$

vízmennyiség áramlik keresztül , tehát a sebesség is kisebb:

$$v_{BC} = \frac{q_{VBC}}{A} = \frac{0,033 m^3 / s}{0,049 m^2} = 0,67\ m / s.$$

Hasonló elven számítható ki a víz sebessége a többi csővezetékszakaszra is .

114. A d_1=30 mm átmérőjű vízszintesen elhelyezett cső egy helyen d_2=20 mm-re szűkül. A víz sebessége a csőben v_1=4 m/s, a hozzá tartozó statikus nyomás p_1=100 kPa túlnyomás.

a./ Mekkora az áramlási sebesség a szűkületben (v_2=?)?

b./ Mekkora a statikus nyomás szűkületben (p_2=?)?

115. A vizet H=15 m magasra kell szivattyúzni úgy, hogy a víz a csövet v=12 m/s sebességgel hagyja el.

Számítsa ki a csővezetékben fellépő veszteség elhanyagolásával

a./ hány méteres vízoszlop nyomásával tart egyensúlyt az áramló víz dinamikus nyomása (h_1=?)?

b./ hány méteres vízoszlop nyomásával tart egyensúlyt az össznyomás (h_2=?)?

c./ a hidrosztatikai nyomást bar-ban és Pa-ban a csővezeték alján (p=?)!

116. Mekkora sebességgel tör ki p_t=0,6 MPa túlnyomáson a víz csőtöréskor a vízszintesen fekvő vezetékből (v=?)?

117. Állandó mélységű csatorna szélessége a b=4 m hosszúságú szakaszon d_1=5 m-ről d_2=3 m-re egyenletesen csökken. A csatornában úszó fadarab a b hosszúságú szakaszon t=5 s idő alatt jut keresztül.

a./ Mekkora a fadarab szélessége a csatornaszakasz elején (v_1=?), illetve végén (v_2=?)?

b./ Adja meg a víz sebességét a csatornaszakaszban, mint a szakasz kezdetétől mért x távolság függvényét [v=f(x)]!

118. A vízszintes tengelyű, körkúp alakú csőben víz áramlik stacionáriusan és súrlódásmentesen. Az x=0 helyen az R_o=270 mm sugarú keresztmetszetben az áramlási sebesség v_o=1 m/s. Az x_1=6 m helyen a cső sugara R_1=180 mm.
a./ Hogyan változik az áramlási sebesség az x függvényében a cső tengelye mentén [v=f(x)]?
b./ Hány kg víz áramlik át a cső valamely keresztmetszetén 1 min alatt (m=?)?

119. A c=800 mm magas, zárt tartályban a vízoszlop felett h_1=200 mm magas, p_1=1,2 bar nyomású levegő van. A külső légnyomás p_k=1 bar.
Mekkora a vízkiömlés kezdeti sebessége, ha a kisméretű kiömlő nyílás a tartály aljától h_2=100 mm magasságban van (v_2=?)?

120. Felül nyitott tartály vízzel és fölé rétegezett $\rho_{o\ell}=\rho_1$=0,9 g/cm^3 sűrűségű kőolajjal van megtöltve.
Mekkora kezdetben a víz kifolyási sebessége a tartály fenekén levő lyukon keresztül (v_3=?), ha a vízréteg magassága h_2=1 m, a kőolajrétegé h_1=4 m?

121. a./ Milyen magasra képes felszívni a porlasztóban a ρ_b=0,8 g/cm^3 sűrűségű benzint a szívótorokban áramló levegő, amelynek sebessége v_2=40 m/s, a sűrűsége ρ_ℓ=1,3 kg/m^3 (h=?)?
b./ Mekkora lehet a levegő térfogat- és tömegárama, ha a torok A_2=5 cm^2 keresztmetszetű (q=?, m=?)?

122. A városi vízvezeték nagy átmérőjű, utcai nyomócsövében p_t=2 bar túlnyomás uralkodik. A víz áramlási sebessége a csőben nullának tekinthető. Csőtörés történik, és a cső felső részén nyílás keletkezik.
a./ Milyen sebességgel lép ki a vízsugár a nyíláson, miután a fedő földréteget már megbontotta (v=?)?
b./ Milyen magasra szökik fel a zavartalanul kiömlő víz (h=?)?

123. A d_2=60 mm belső átmérőjű fúvókából ρ_v=1000 kg/m^3 sűrűségű víz áramlik ki veszteségmentesen, v_2=15 m/s sebességgel.

Mekkora az előtte levő, d_1=80 mm belső átmérőjű csőben a légköri nyomáshoz viszonyított túlnyomás (p_t=?)?

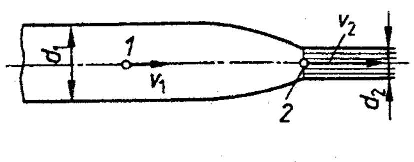
124. A légköri nyomáshoz viszonyítva p_1= 4 bar belső túlnyomású tartályból ρ_v=925 kg/m^3 sűrűségű víz áramlik egy p_2=1,5 bar belső túlnyomású tartályba. A két folyadékszint magasságkülönbsége h=8 m, egyszer felfelé és egyszer lefelé.
Mekkorák az áramlási sebességek, a súrlódást elhanyagolva (v_f=?; v_ℓ=?)?

125. Egy gőzkazán d=50 mm átmérőjű leeresztőcsöve h= 3,5 m-rel a vízszint alatt van. A kazánban a légköri nyomáshoz viszonyított túlnyomás p_t=3 bar, a víz sűrűsége ρ_v=925 kg/m^3.
Mekkora a kiáramló vízmennyiség m^3/s egységben kifejezve (q=?)?

126. Vízvezeték repedésén szivárgó víz térfogatárama q_1=1 ℓ/min. A cső belső keresztmetszete A=2 cm^2. Ha a vízcsapot úgy nyitjuk ki, hogy q=1 ℓ/s intenzitással ömlik ki a víz a csapon, ekkor a repedésen szivárgó víz térfogatárama csak q_2=0,9 ℓ/min. A külső levegőnyomás p_k=1 bar. Mekkora a hálózati víznyomás (p=?)?

127. A vízszintes tengelyű, körkúp alakú csőben víz áramlik stacionáriusan és súrlódásmentesen. Az x=0 helyen levő R=300 mm sugarú keresztmetszetben az áramlási sebesség v_o=1 m/s, a nyomás p_o=2 bar. Az x_1=5 m helyen a sugár R_1=150 mm. A víz sűrűsége ρ_v=1000 kg/m^3.
a./ Hogyan változik a nyomás az x függvényében a csőtengely mentén [p(x)=?]?
b./ Határozza meg a tömegáramot (m=?)!
c./ Mekkora a nyomás az x_1=5 m helyen (p_1=?)?

128. A d_1=25 mm belső átmérőjű, kerti locsolótömlőben p=3,5 bar túlnyomású víz áramlik (41. ábra). A cső végén levő szórófej furatának átmérője d_2=10 mm. Mekkora a v_1 és a v_2 sebesség, valamint a kilépő víz térfogatárama (q=?)?



41. ábra

Kidolgozás:

Felírjuk a csővezeték 1 pontja és a fúvóka 2 pontja közötti Bernoulli-egyenletet:

$$\frac{p_1}{\rho_v \cdot g}+\frac{v_1^2}{2g}=\frac{p_2}{\rho_v \cdot g}+\frac{v_2^2}{2g}, \text{ ebből}$$

$$(p_1 - p_2)=\frac{\rho_v}{2}(v_2^2 - v_1^2).$$

$$p_1 - p_2 = \Delta p$$

A kontinuitási törvény szerint

$$v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2, \text{ ebből}$$

$$v_1 = v_2\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2.$$

Ezt helyettesítve a Bernoulli - egyenletbe, amelyből meghatározható a fúvókából való kiáramlás sebessége:

$$v_2=\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_v\left[1-\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4\right]}}=\sqrt{\frac{2\cdot 3{,}5\cdot 10^5 N/m^2}{1000\frac{kg}{m^3}\left[1-\left(\frac{0{,}01m}{0{,}025m}\right)^4\right]}}=26{,}8\ m/s.$$

Az előzőek szerint :

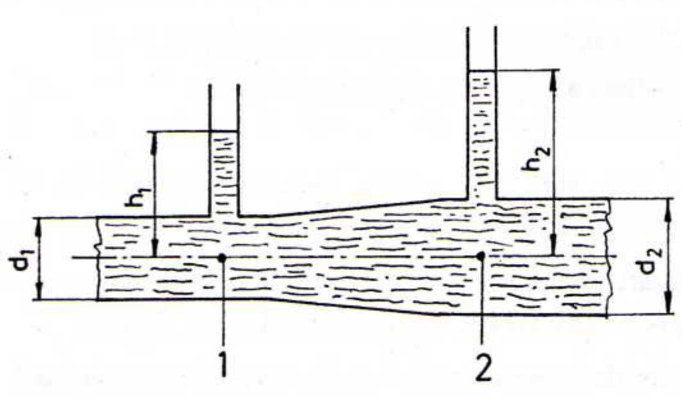
$$v_1 = v_2\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 = 26{,}8m/s\left(\frac{0{,}01m}{0{,}025m}\right)^2 = 4{,}29\ m/s.$$

A térfogatáram:

$$q = v_2 \cdot A_2 = v_1 \cdot A_1 = 4{,}29m/s\frac{(0{,}025m)^2 \cdot \pi}{4} = 0{,}002\ m^3/s.$$

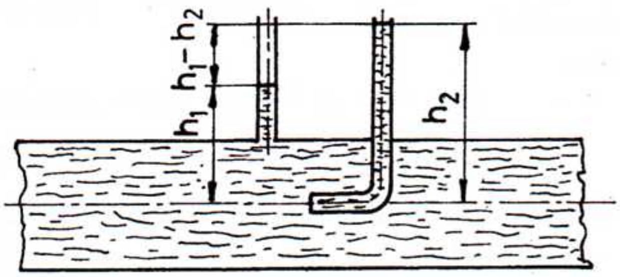
129. A 42. ábrán látható, kör keresztmetszetű, vízszintes csőben víz áramlik. Az 1 helyen a cső átmérője d_1=60 mm, a vízsebesség v_1=3 m/s, a vízoszlop magassága a függőleges csőben h_1=0,5 m. A 2 helyen a cső átmérője d_2=100 mm.

Mekkora a 2 helyen a h_2 vízmagasság?



42. ábra

130. Csőben áramló vízben a 43. ábra szerinti elrendezéssel a h_1=0,4 m és h_2=0,75 m értéket mérjük.
Mekkora az áramlási sebesség (v=?)?



43. ábra

Kidolgozás:

Az áramlási sebességnek olyan csőben való méréséhez, amelyben a külső nyomáshoz viszonyítva túlnyomás uralkodik, a hajlított cső mellett még egy függőleges csövet is el kell helyezni.

Ezzel a csővel a $(h_2-h_1)=v^2/2g$ magasságkülönbséget lehet mérni, és így az áramlási sebesség:

$$v = \sqrt{2g(h_2 - h_1)} = \sqrt{2 \cdot 9{,}81 m/s^2(0{,}75m - 0{,}4m)} = 2{,}62\ m/s.$$

131. A 42. ábrán látható csőben víz áramlik v=2 m/s sebességgel. Az áramlás irányára merőleges, kis átmérőjű csőben a vízoszlop magassága h_1=0,70 m.
Mekkora a hajlított csőben a vízoszlop magassága (h_2=?)?

132. Egy d=200 mm átmérőjű csövön keresztül T_1=383 K hőmérsékletű víznek ($\nu_1=0{,}37.10^{-6}$ m^2/s) kell v_1=1,3 m/s sebességgel áramolnia. A szerelvények áramlási viszonyainak meghatározására csak D=300 mm átmérőjű csővezetékkel és T_2=283 K hőmérsékletű vízzel ($\nu_2=1{,}31.10^{-6}$ m^2/s) lehet kísérleteket végezni.
Mekkorának kell a kísérleti berendezésben a víz áramlási sebességének lennie ahhoz, hogy az áramlási viszonyok hasonlóak legyenek (v_2=?)?

133. A gőzmozdony menet közben vizet vesz fel. A vonat $v_1=50$ km.h^{-1}=13,8 m.s^{-1} sebességgel halad, a bukócső keresztmetszete A=1 dm^2 és a magasságkülönbség $h=h_1-H_2=4$ m.

a./ Mennyi idő alatt vesz fel V=10 m^3 vizet (t=?)?

b./ Milyen hosszú csatorna kell ehhez (ℓ=?)?

Kidolgozás:

a./ A Bernoulli-egyenlet

$$h_1+\frac{p_1}{\rho_v\cdot g}+\frac{v_1^2}{2g}=h_2+\frac{p_2}{\rho_v\cdot g}+\frac{v_2^2}{2g}$$

$$\frac{v_1^2-v_2^2}{2g}=h_2-h_1$$

Az áramlási sebesség :

$$v_2=\sqrt{v_1^2-2g\cdot h}=\sqrt{13,8^2(m\cdot s^{-1})^2-2\cdot 9,81m\cdot s^{-2}\cdot 4m}=10,6\ m\cdot s^{-1}.$$

A térfogatáram:

$q=A.v_2=1$ dm^2.106 dm.s^{-1}=106 dm^3.s^{-1}.

A vízfelvételhez szükséges idő:

$$t=\frac{v}{q}=\frac{10\ 000dm^3}{106dm^3\cdot s^{-1}}=94,33\ s.$$

b./ A csatorna hossza:

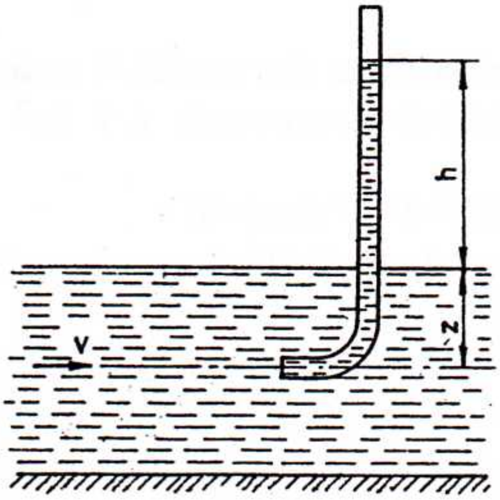
$\ell=t.v_1=94,33$ s.13,8 m.s^{-1}=1301,75 m.

134. Egy v=5 m/s sebességű vízáramlásba a 44. ábra szerinti előregörbített torlócsövet helyezünk.

a./ Milyen h magasságra fog a víz felemelkedni a cső függőleges szárában?

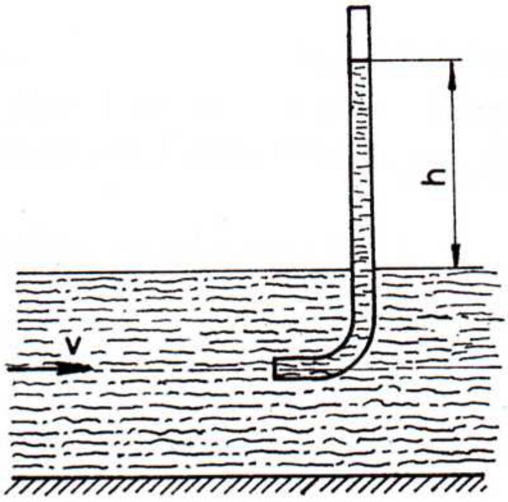
b./ Mennyi a túlnyomás a torlócső szájának szintjében és a torlópontban, ha z=0,5 m (p_1=?; p_2=?)?

c./ Mennyi a túlnyomás a torlócső szájának szintjében és a torlópontban (p_3=?; p_4=?)?



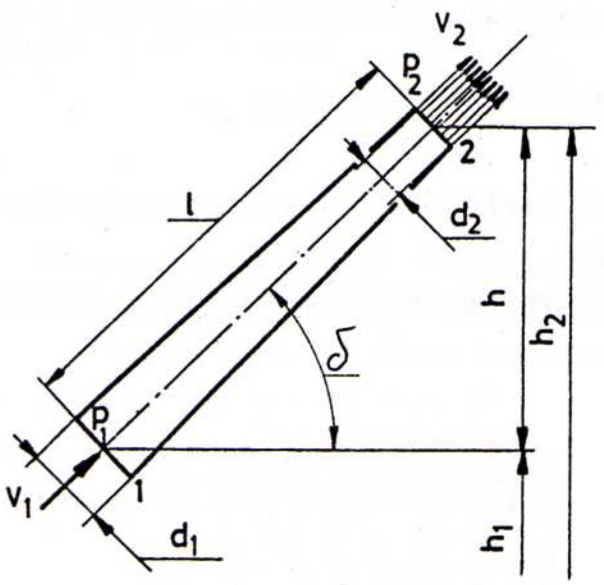
44. ábra

135. A folyóban végzett mérésnél a Pitot-cső h=0,15 m értéket mutat (45. ábra).
Mekkora a v áramlási sebesség?



45. ábra

136. Az α=45^{o} emelkedésű egyenes csőszakasz hossza ℓ=3,5 m, átmérője az alsó végénél d_1=120 mm, a felső végénél d_2=80 mm (46. ábra). A csőszakaszon veszteségei elhanyagolhatók (ξ=0).
Mekkora nyomáskülönbség szükséges a csőszakaszban, hogy a nyitott felső végénél v_2=1 m/s sebességgel lépjen ki a víz (Δp=?)?



46. ábra

Kidolgozás:

Kérdés a $\Delta p=p_1-p_2$ nyomáskülönbség.

A feladat a Bernoulli-egyenlet és a kontinuitási tétel alkalmazásával oldható meg.

$$\frac{p_1}{\rho_v \cdot g}+h_1+\frac{v_1^2}{2g}=\frac{p_2}{\rho_v \cdot g}+h_2+\frac{v_2^2}{2g}$$

$$v_1 \cdot \frac{d_1^2 \pi}{4}=v_2 \frac{d_2^2 \pi}{4}$$

Felhasználjuk továbbá, hogy az 1 és 2 pont közötti $h=h_2-h_1$ szintkülönbség

$h=\ell.\sin\delta=3{,}5.\ \sin 45^o=2{,}47$ m.

Az első egyenletet ρ_v.g-vel szorozva és a kontinuitást valamint a h-t behelyettesítve: $p_1+\frac{\rho_v}{2}v_2^2\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4=p_2+\rho_v \cdot g \cdot h+\frac{\rho}{2}v_2^2,$

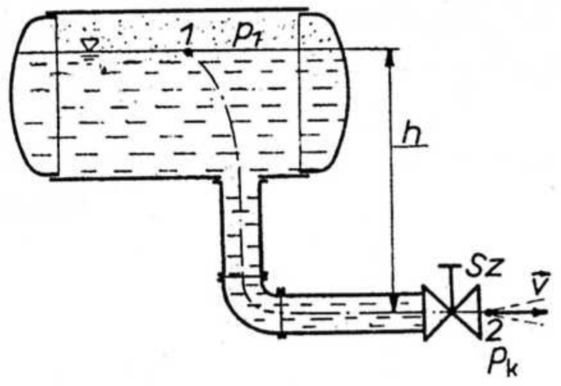
azaz

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \rho_v \cdot g \cdot h + \frac{\rho_v}{2} v_2^2 \left[1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4\right] =$$

$$= 100 kg/m^3 \cdot 9{,}81 m/s^2 \cdot 2{,}47 m + \frac{1000 kg/m^3}{2} 1 m^2/s^2 \left[1 - \left(\frac{0{,}08 m}{0{,}12 m}\right)^4\right] =$$

$$= 24\ 231\ Pa + 404\ Pa = 24\ 635\ Pa = 24{,}6\ kPa.$$

137. A 47. ábrán látható tartály alján csővezetéken áramolhat ki a víz a szabadba, ha az Sz jelű szelepet kinyitjuk.
Mennyi a kiáramló víz sebessége, ha p_1=1 MPa, h=13 m, p_k=0,1 MPa (v=?)?



47. ábra

Kidolgozás:
Először kiválasztunk egy alkalmas áramvonalat, ez az ábra 1-2 jelű pont-vonal vonala legyen. A példa megoldásához még meg kell gondolnunk, hogy mennyi a sebesség az 1 pontban? Mivel a tartály tükörfelszíne nagyságrendekkel nagyobb a cső kifolyási keresztmetszeténél, a v_1=0, mert a vízszint süllyedési sebessége alig vehető észre.
A Bernoulli-egyenlet vízre és az 1-2 pontokra:

$\rho_v \cdot g \cdot h + p_1 + 0 = 0 + p_o + \rho_v \frac{v^2}{2}$, vagyis

p_1-et abszolut (azaz légköri és túlnyomás összegeként) nyomásnak vettük fel. Igy v-t kifejezve és behelyettesítve:

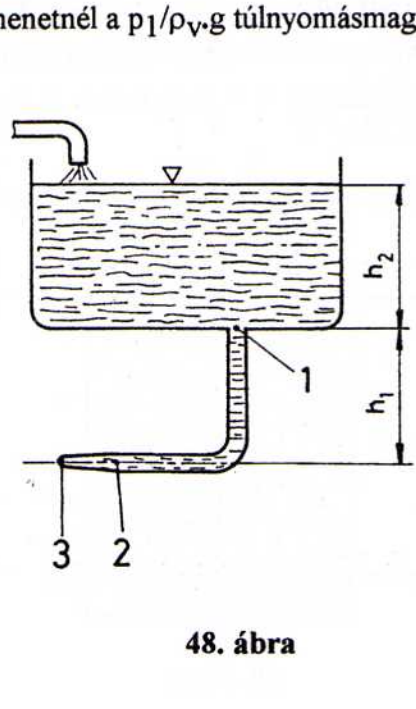
$$v = \sqrt{2\left[g \cdot h + \frac{p_1 - p_o}{\rho_v}\right]} =$$

$$= \sqrt{2\left[9{,}81 m \cdot s^{-2} \cdot 13 m + \frac{\left[10^6 - 10^5\right] kg \cdot m \cdot s^{-2} \cdot m^{-2}}{10^3 kg \cdot m^{-3}}\right]} = 45{,}4 m \cdot s^{-1}.$$

138. Nyitott tartályból a folyadékcsövön keresztül, súrlódás nélkül folyik a szabadba (48. ábra). A folyadékszint az utántöltés következtében állandó marad. Az ábrán jelzett folyadékmagasságok: h_1=10 m, h_2=5 m. A csőátmérő az 1 jelű keresztmetszetben d_1=100 mm, a 3 jelűben d_3=80 mm. A víz sűrűsége ρ_v=1000 kg/m^3.

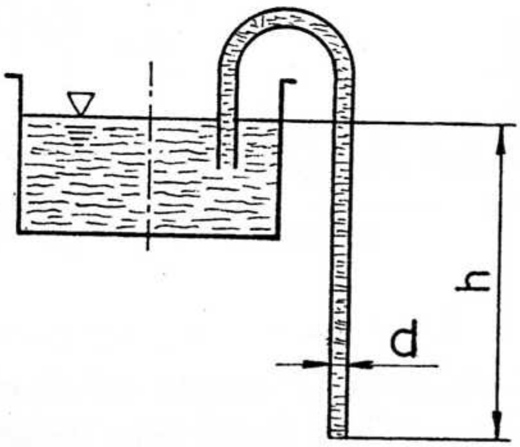
a./ Mekkora a v_3 kiáramlási sebesség?

b./ Milyen értékű a cső bemenetnél a $p_1/\rho_v.g$ túlnyomásmagasság?



48. ábra

139. A 49. ábrán látható d=54,5 mm belső átmérőjű szivornyával az edényből vizet veszünk ki. Az edényben a víz szintje állandó, h=3 m. A cső veszteségmentesnek tekinthető. A szivornya megszívása után mennyi víz lép ki időegységenként a cső alsó végén, ha a csősúrlódási veszteségtől eltekintünk (q=?)?

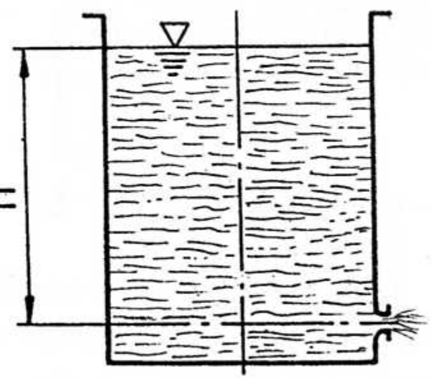


49. ábra

140. Az 50. ábrán látható tartályból a víz az alsó nyíláson a szabadba ömlik. A tartály felszíne a kiömlőnyílás keresztmetszetéhez képest végtelen nagy.

a./ Határozza meg a kiömlési sebességet h=0,2 m; 0,4 m; 0,6 m; 0,8 m és 1 m értékeknél (v_1=? .... v_5=?)!

b./ Ábrázolja a kiömlési sebességet a h magasság függvényében!



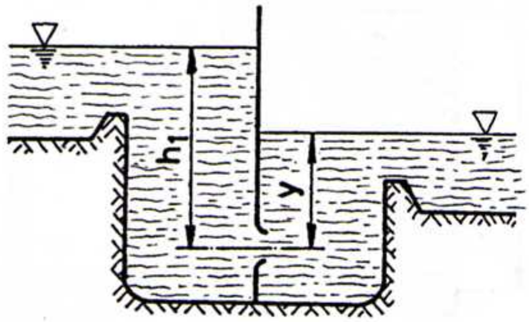
50. ábra

141. Két vízkamra a választófalba szerelt d=150 mm átmérőjű nyíláson közlekedik (51. ábra). A bal oldali kamrában a nyílás felett a vízszint magassága h_1=4050 mm, állandó.

a./ Mennyi víz ömlik át időegységenként a nyíláson, míg a vízszint a jobb oldali kamrában a nyílás alatt van (q=?)?

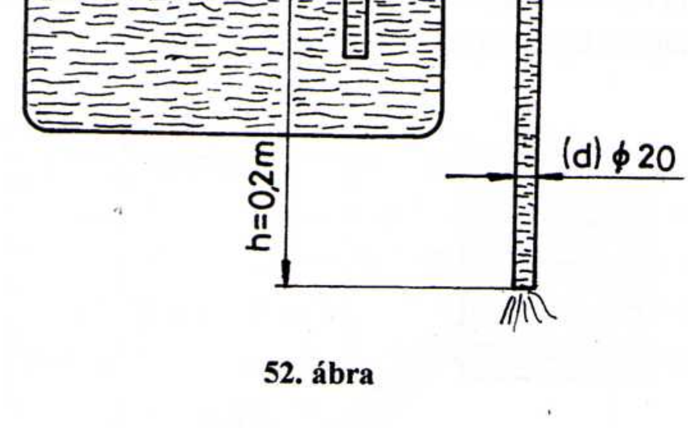
b./ Mennyi lesz a túlnyomás a jobb oldali kamrában az átfolyónyílás szintjében, ha y=3600 mm (p_t=?)?

c./ Mekkora ekkor az átömlési sebesség a nyílásban (v=?)?



51. ábra

142. Számítsa ki az 52. ábrán látható tartályból a kifolyás sebességét (v=?) és a térfogatáramot (q=?), a veszteségeket elhanyagolva!



52. ábra

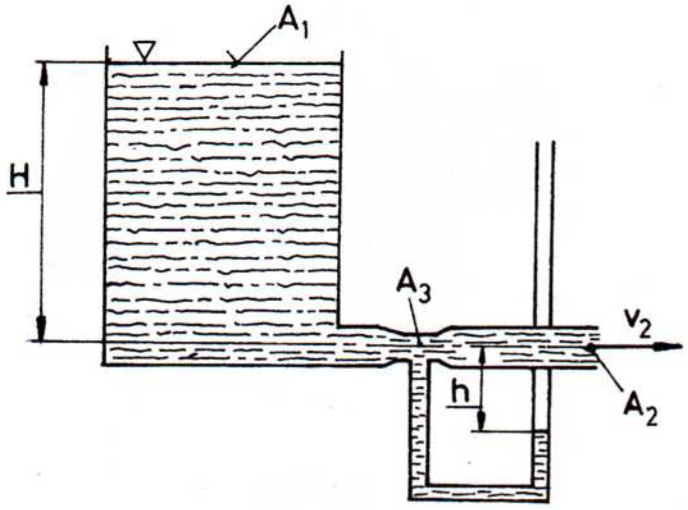
143. Az 53. ábrán látható tartályban a vízmagasság h=1 m, a kifolyócső átmérője D=50 mm, a tartályé sokkal nagyobb. A kifolyócső átmérője a szűkületben d=40 mm. A légköri nyomás p_k=1 bar.

a./ Mekkora a víz sebessége a kiömlőnyílásban (v_2=?)?

b./ Határozza meg a kifolyó víz térfogatáramát (q_2=?)!

c./ Mekkora a nyomás a szűkületben (p_3=?)?

d./ Mekkora a vízszint süllyedésének h értéke az U csőben?

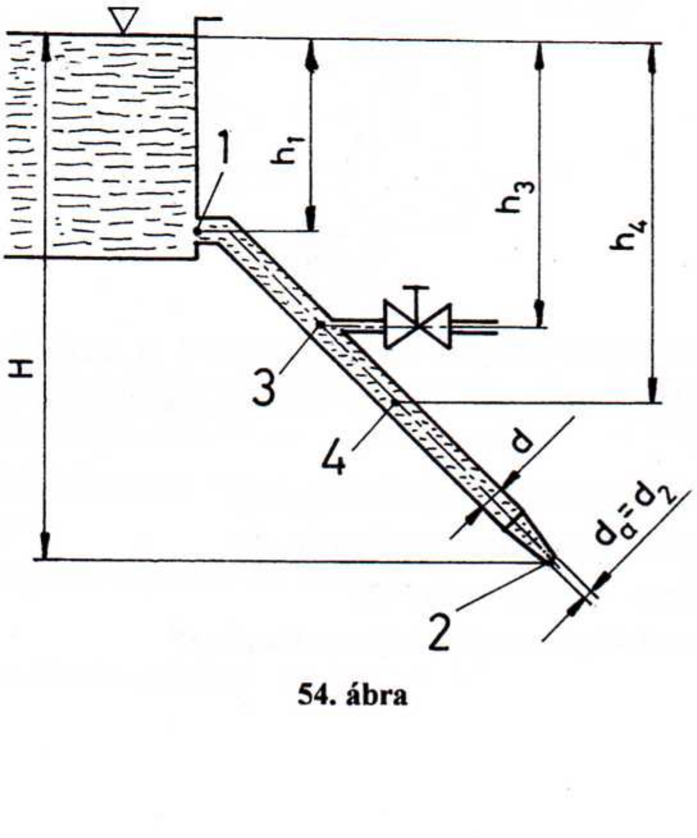


53. ábra

144. Egy tartályból víz áramlik súrlódás nélkül, a végén fúvókát tartalmazó csővezetéken keresztül a szabadba (54. ábra). $H=12$ m, $h_1=2$ m, $h_3=3$ m, a cső átmérője $d=60$ mm és $d_a=d_2=50$ mm. A 3 helyen vízcsap van.

a./ A 3 helyen levő csap kinyitása után víz folyik ki vagy levegőt szív be a rendszer?

b./ Melyik ponton kell a vízcsapot beszerelni ahhoz, hogy kinyitásakor se víz ne folyjon ki, se levegő ne kerüljön a légkörből a csővezetékbe?



54. ábra

Kidolgozás:

A kiáramlási sebesség:

$v_a = v_2 = \sqrt{2g \cdot H} = \sqrt{2 \cdot 9{,}81 m/s^2 \cdot 12m} = 15{,}34\ m/s.$

A csőbeli áramlási sebességet a folytonossági tétellel számítjuk:

$v_1 = v_3 = v_4 = v \qquad v.A = v_a.A_a$, ebből

$v = v_a\left(\dfrac{d_a}{d}\right) = 15{,}34 m/s\left(\dfrac{0{,}05m}{0{,}06m}\right) = 10{,}65\ m/s.$

a./ A nyomómagasság számítása a 3 ponton, a Bernoulli-egyenlettel:

$$\frac{p_3}{\rho_v \cdot g} + (H - h_3) + \frac{v_3^2}{2g} = H, \text{ ebből}$$

$$\frac{p_3}{\rho_v \cdot g} = h_3 - \frac{v_3^2}{2g} = 3m - \frac{(10{,}65m/s)^2}{2 \cdot 9{,}81m/s^2} = -2{,}79\ m.$$

$p_3 = -2{,}79\ \rho_v.g = -27\ 341\ N/m^2 = -0{,}27$ bar.

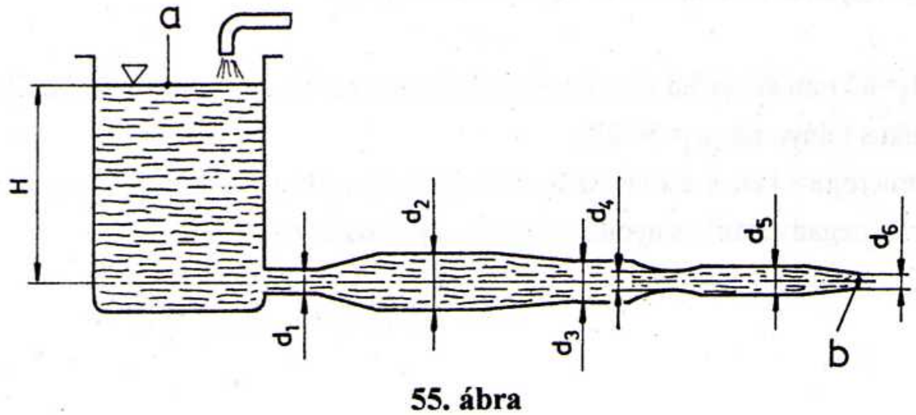
$\dfrac{p_3}{\rho_v \cdot g}$, ill. p_3 negatív, tehát a 3 ponton a légkörinél kisebb a nyomás, levegőt szív be.

b./ Azt a h_4 pontot, ahol sem víz nem folyik ki, sem levegőt nem szív be, úgy kapjuk meg, hogy a $p_4/(\rho_v.g)$ kifejezést nullával tesszük egyenlővé. Vagyis ezen a ponton pontosan légköri nyomásnak kell lenni.

$$0 = h_4 - \frac{v_4^2}{2g}, \text{ ebből } h_4 = \frac{v_4^2}{2g} = \frac{(10{,}65m/s)^2}{2 \cdot 9{,}81m/s^2} = 5{,}79\ m.$$

145. Az 55. ábrán látható víztartályból különféle keresztmetszetű, vízszintes csővezetéken keresztül víz áramlik a szabadba. Az állandó táplálás következtében a víztartályban a víz szintje a csővezeték középvonala felett állandó, H=10 m magasságú marad. A csövek átmérője: $d_1=0{,}15$ m, $d_2=0{,}25$ m, $d_3=0{,}2$ m, $d_4=0{,}11$ m, $d_5=0{,}18$ m, $d_6=0{,}12$ m.

Határozza meg a q térfogatáramot, a fúvókából való kiáramlást $v_b=v_6$ sebességét, illetve a cső különböző szakaszaiban a $v_1 \dots v_5$ sebességeket!



55. ábra

Kidolgozás:

A folyadék szintjén levő "a" és közvetlenül a folyadék kilépésénél levő "b" helyre felírható a Bernoulli-egyenlet.

$$\frac{p_a}{\rho_v \cdot g} + h + \frac{v_a^2}{2g} = \frac{p_b}{\rho_v \cdot g} + 0 + \frac{v_b^2}{2g}$$

Az "a" és "b" helyen légköri nyomás van, ezért a p_a és a p_b nyomás azonos nagyságú.

Mivel a v_a=0, ezért

$$v_b = v_6 = \sqrt{2g \cdot H} = \sqrt{2 \cdot 9{,}81 m/s^2 \cdot 10m} = 14\ m/s.$$

Ez az elméleti kiáramlási sebesség, mivel a súrlódást elhanyagoltuk.

A folytonossági tételt alkalmazva adódik a következő:

$$v_1 = v_b \frac{A_a}{A_1} v_b \left(\frac{d_6}{d_1}\right)^2 = 14 m/s \left(\frac{0{,}12m}{0{,}15m}\right)^2 = 8{,}96\ m/s.$$

Hasonló módon számolva

v_2=3,23 m/s; v_3=5,04 m/s; v_4=16,67 m/s; v_5=6,22 m/s.

A térfogatáram, azaz a kiáramló vízmennyiség:

$$q = A_6 \cdot v_6 = \frac{(0{,}12m)^2 \cdot 3{,}14}{4} \cdot 14 m/s = 0{,}158\ m^3/s.$$

146. A Venturi-csőben víz áramlik. A beömlő cső átmérője d_1=300 mm, a legkisebb keresztmetszet átmérője d_2=150 mm. A nyomáskülönbség Δp=13 200 Pa.

Hány liter víz áramlik másodpercenként (q=?)?

147. A Venturi-csőben folyadék áramlik, amelynek a sűrűsége ρ_f=900 kg.m^{-3}. A belépő keresztmetszet átmérője d_1=250 mm, a legkisebb átmérő d_2=100 mm. A manométer Δp=15 800 Pa nyomáskülönbséget mutat.

a./ Mekkora az áramlás sebessége a legkisebb keresztmetszetben (v_2=)?

b./ Mennyi folyadék áramlik át másodpercenként (q=?)?

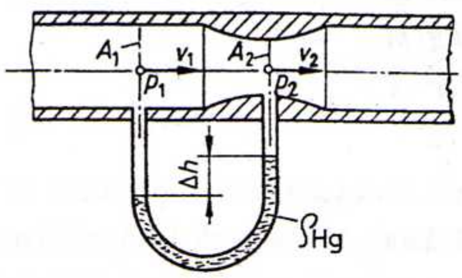
148. A d_1=80 mm átmérőjű vízszintesen elhelyezett csőben v_1=4 m/s sebességgel áramlik a víz, a statikus túlnyomás p_1=50 kPa.

Milyen átmérőjűre kell a csövet szűkíteni egy helyen, hogy a szűkített keresztmetszetben p_2=400 kPa negatív statikus nyomásvákuum keletkezzen (d_2=?)?

149. Az 56. ábrán látható csőben víz áramlik. A mért magasságkülönbség Δh=0,005 m. A normál cső keresztmetszete A_1=800 mm^2, a hozzá tartozó vízsebesség v_1=0,7 m/s, a nyomás p_1=1 bar. A higany sűrűsége ρ_{Hg}=13 600 kg/m^3, a víz sűrűsége ρ_v=1000 kg/m^3.

a./ Mekkora a szűkített keresztmetszet (A_2=?)?

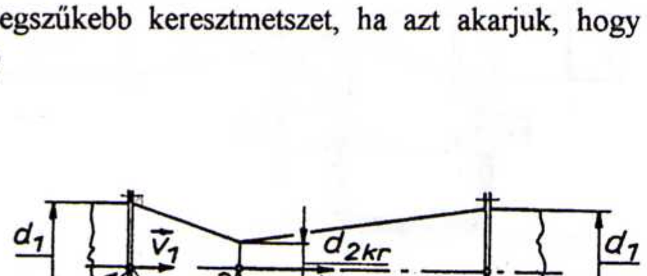
b./ Milyen nagyságú a nyomás a szűkített keresztmetszetben (p_2=?)?



56. ábra

150. Az 57. ábrán látható Venturi-csőben víz áramlik. A kritikus párolgási nyomás T=283 K hőmérsékletű vízben, p_{2kr}=1,67 kPa=0,00167 MPa, továbbá v_1= 1 m.s^{-1}, p_1=0,2 MPa, d_1=60 mm.

Mekkora lehet a legszűkebb keresztmetszet, ha azt akarjuk, hogy még ne keletkezzék kavitáció (d_{2kr}=?)?



57. ábra

Kidolgozás:

Először fel kell írni az 1 és 2 pontra a Bernoulli-egyenletet:

$$p_1 + \rho_v \frac{v_1^2}{2} = p_2 + \rho_v \frac{v_2^2}{2},$$

majd a v_2 sebességét kifejezzük a kontinuitási tétellel:

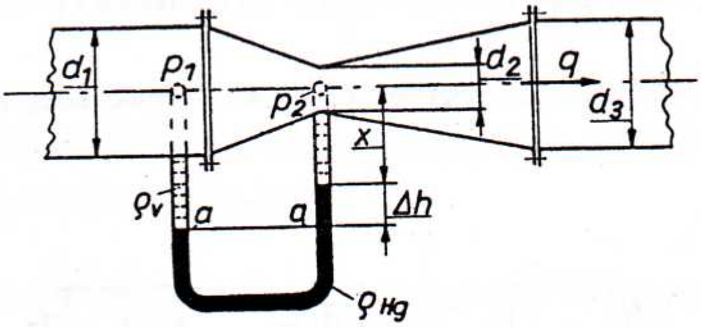
$$v_2 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 v_1.$$

Ezt a Bernoulli-egyenletbe helyettesítve, és elvégezve a rendezést, a kritikus átmérő:

$$d_{2kr} = \frac{d_1}{\sqrt[4]{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho_v \cdot v_1^2}+1}} =$$

$$= \frac{6 \cdot 10^{-2}\, m}{\sqrt[4]{\frac{2(0,2-0,00167)\cdot 10^6\, kg \cdot m \cdot s^{-2} m^{-2}}{10^3\, kg \cdot m^{-3} \cdot 1 m^2 \cdot s^{-2}}+1}} = 13,45\ mm.$$

151. A Venturi-csövet víz térfogatáramának mérésére is használhatjuk, differenciál-manométer beépítésével (58. ábra). A csőátmérő d_1=d_3=200 mm, a szűkített keresztmetszet átmérője d_2=100 mm, a manométer higanyszintjének különbsége Δh=300 mm. Mennyi a csővezetékben átfolyó víz térfogatárama (q=?)?



58. ábra

Kidolgozás:

Először a manométer két bekötési pontja közötti nyomáskülönbséget határozzuk meg. Az a-a jelű síkra felírható a nyomások egyensúlya:

$p_1+(x+\Delta h)\rho_v \cdot g=p_2+x \cdot \rho_v \cdot g+\Delta h \cdot \rho_{Hg} \cdot g$,

vagyis rendezés után:

$\Delta p=p_1-p_2=\Delta h \cdot g(\rho_{Hg}-\rho_v)$.

A Bernoulli-egyenlet az 1 és 2 pontokra:

$$p_1+\rho_v\frac{v_1^2}{2}=p_2+\rho_v\frac{v_2^2}{2}, \text{ amelyből}$$

$$\Delta p=p_1-p_2=\frac{\rho_v}{2}(v_2^2-v_1^2).$$

A kontinuitási tételt felhasználva:

$$v_2=\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 v_1.$$

A v_2 sebességet és a Δp nyomáskülönbséget behelyettesítve a Bernoulli-egyenletbe a

$$\Delta h\cdot g\frac{\rho_{Hg}-\rho_v}{\rho_v}=\frac{v_1^2}{2}\left[\left(\frac{d_1}{d2}\right)^4-1\right]$$

kifejezést kapjuk, amelyből a sebesség

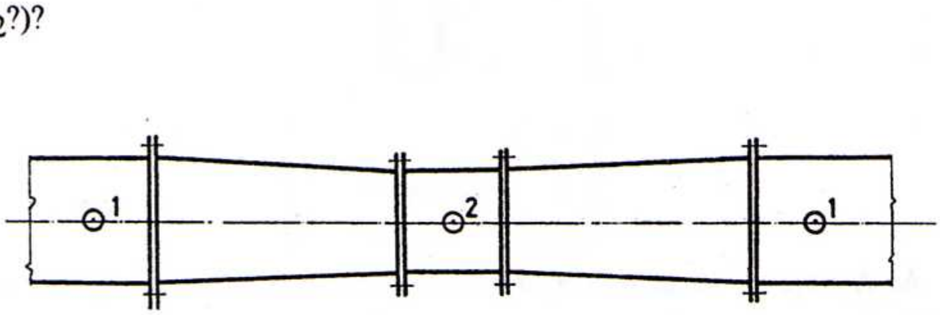
$$v_1=\sqrt{2g\cdot\Delta h\frac{\rho_{Hg}-\rho_v}{\rho_v}\frac{1}{(d_1/d_2)^4-1}}=$$

$$=\sqrt{2\cdot 9{,}81m\cdot s^{-2}\cdot 0{,}3m\frac{(13{,}6-1)10^3}{10^3}\frac{1}{(200/100)^4-1}}=2{,}2\ m\cdot s^{-1}.$$

A sebesség ismeretében a térfogatáram:

$$q=A_1\cdot v_1=\frac{\pi\cdot 0{,}2^2\,m^2}{4}2{,}2m\cdot s^{-1}=0{,}0695\,m^3\cdot s^{-1}.$$

152. Az 59. ábrán látható Venturi-cső 1 jelű keresztmetszetében a cső belső átmérője d_1=220 mm, a 2 jelű torok-keresztmetszetben d_2=170 mm. Mekkora nyomáskülönbség mérésére alkalmas manométer kell az 1 jelű keresztmetszetek és a 2 jelű keresztmetszet közé bekötnünk, ha a legnagyobb vízsebesség a torokban mindkét irányban v_2=2 m/s ($\Delta p=p_1-p_2$?)?



59. ábra

Kidolgozás:

A Bernoulli-egyenlet a változó irányú vízáram mérésére alkalmas Venturi csőre érvényes:

$$p_1 - p_2 = \frac{\rho_v}{2}\left[v_2^2 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 v_2\right].$$

Számítsuk ki az A_2 / A_1 keresztmetszetviszonyt!

$$A_2 = \frac{d_2^2 \pi}{4}, \qquad A_1 = \frac{d_1^2 \pi}{4}, \text{ így}$$

$$\frac{A_2}{A_1} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 = \left(\frac{0,17m}{0,22m}\right)^2 = 0,598.$$

Mindezt behelyettesítve:

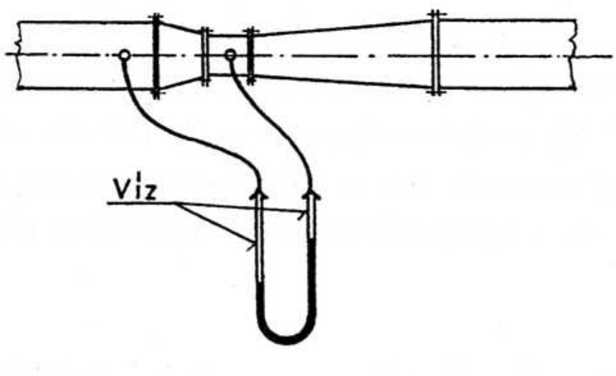
$$\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{1000kg / m^3}{2}\left(2^2 m \cdot s^{-2} - 0,598^2 \cdot 2^2 m^2 \cdot s^{-2}\right) = 1,29\ kPa.$$

Az alkalmazott manométernek legalább ekkora nyomás mérésére kell alkalmasnak lennie .

153. Egy d_1=200 mm átmérőjű vízszintes csőbe épített Venturi-csőben a torok átmérője d_2=150 mm (60. ábra). Az U-csöves higanyos manométer kitérése Δp=240 mm.

a./ Milyen sebességgel áramlik a víz a torokban (v_2=?)?

b./ Mekkora a Venturi csőben az átáramló víz térfogatárama dm^3/s -ban (q=?)?



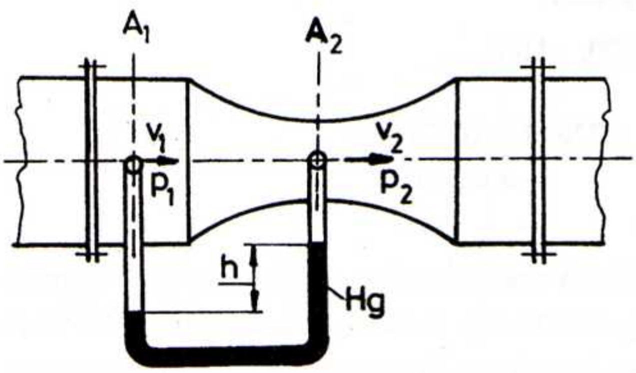
60. ábra

154. Az A_1=0,2 m^2 keresztmetszetű, vízszintes csőrendszerben víz áramlik stacionáriusan, súrlódásmentesen és örvénymentesen. A csőrendszerbe iktatott Venturi-cső keresztmetszete a szűkületben A_2=0,1 m^2 (61.ábra).

a./ Mekkora az áramlás sebessége a csőrendszerben (v_1=?), ha a Venturi-csőhöz kapcsolt differenciál-manométer segítségével mért nyomáskülönbség Δp=6000 Pa.

b./ Határozza meg a tömegáramot (m=?) és a térfogatáramot (q=?)!

c./ Mekkora többletteljesítmény szükséges a víz szállításához a Venturi-cső beiktatása miatt (P=?)?



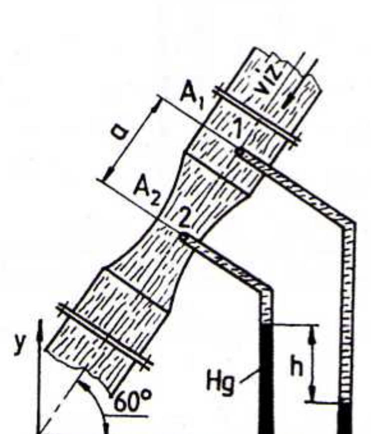
61. ábra

155. A 62. ábra szerinti csőrendszerbe iktatott Venturi-cső keresztmetszete A_1=0,2 m^2, a szűkületben A_2=0,1 m^2. A Venturi-csőhöz kapcsolt differenciál-manométer Δp=4000 Pa nyomáskülönbséget mér. Az 1 és 2 jelű mérőpontok távolsága e=2 m.

a./ Mekkora a víz áramlási sebessége az A_1 keresztmetszetű csőrendszerben (v_1=?)?

b./ Mennyi víz áramlik át a cső valamely keresztmetszetén 1 óra alatt (V=?)?

c./ Határozza meg a manométer mérőfolyadékának (higany) szintkülönbségét (h=?)!



62. ábra

156. A d=6 mm belső átmérőjű csővezetékben kenőolaj áramlik. Az olaj hőmérséklete T=293 K (azaz 20 ^oC), a kinematikai viszkozitása $v_{o\ell}$=3,4.10^4 m.s^{-1}.

Milyen nagyságú áramlási sebességet engedhetünk meg a kenőolaj vezetékben, ha azt akarjuk, hogy az áramlás lamináris legyen (v_{kr}=?)?

Kidolgozás:

A kritikus Reynolds-szám:

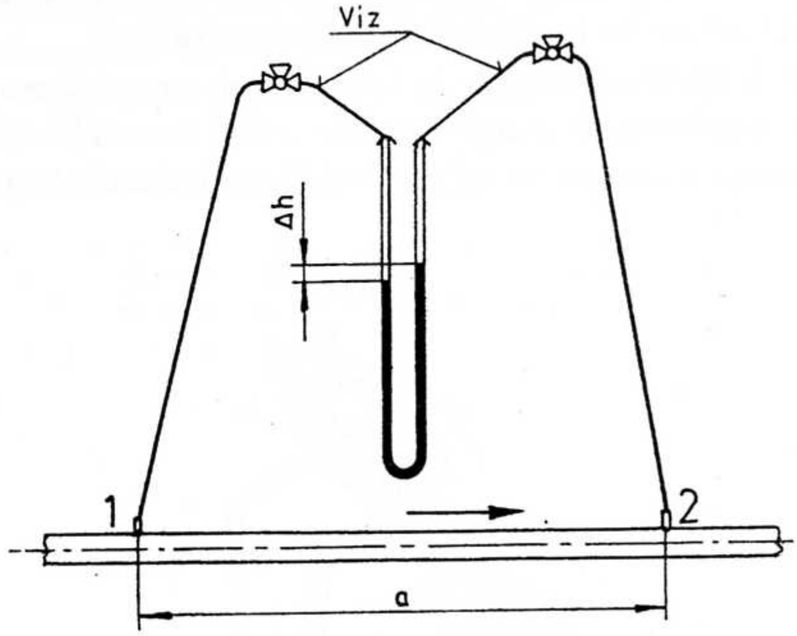
$$Re_{kr} = \frac{v_{kr} \cdot d}{\upsilon_{ol}} = 2320, \text{ ebből}$$

$$v_{kr} = \frac{Re_{kr} \cdot \upsilon_{ol}}{d} = \frac{2320 \cdot 3,4 \cdot 10^{-4}\, m^2 \cdot s^{-1}}{0,006 m} = 131\, m \cdot s^{-1}.$$

157. A 63. ábrán látható vízszintes csővezetékbe U-csöves higanyos manométert kötöttünk. A bekötési távolság a=1800 mm. A csővezetékben q=1,35 dm^3/s víz áramlik balról-jobbra. A cső belső átmérője d=32,8 mm. A manométer kitérése Δh=13 mm.

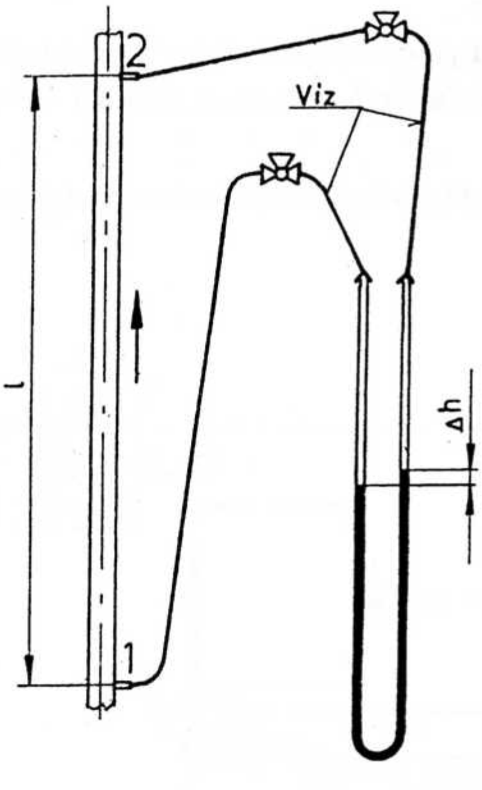
a./ Mennyi a nyomáskülönbség az 1 és a 2 jelű hely között (Δp=?)?

b./ Mekkora a csősúrlódási tényező (λ=?)?



63. ábra

158. A 64. ábrán látható függőleges csővezetékbe U-csöves higanyos manométert kötöttünk. A bekötési távolság ℓ=1,5 m. A csővezetékben q=4,0 dm^3/s víz áramlik alulról fölfelé. A cső belső átmérője d=54,2 mm. A csősúrlódási tényező λ=0,019.
a./ Mennyi a nyomáskülönbség az 1 és 2 jelű hely között (Δp=?)?
b./ Mekkora az U-csöves higanyos manométer kitérése (Δh=?)?



64. ábra

159. Függőleges csővezetékben víz áramlik fölülről lefelé. A cső belső átmérője d=16,55 mm. A csősúrlódási tényező λ=0,022. Egymástól 1 m távolságra levő két pont közé U-csöves higanyos manométert csatlakoztatunk. A nyomásközvetítő közeg víz.
a./ Milyen áramlási sebesség mellett lesz az alsó és felső pont közötti nyomáskülönbség nulla (v=?)?
b./ Mekkora ekkor a manométer kitérése (Δh=?)?

160. Egy nagy átmérőjű, vízzel töltött edény oldalához a víz felszíne alatt h=6 m-re ℓ=15 m hosszú és d=200 mm átmérőjű vízszintes kifolyócső csatlakozik. A csőből a víz a szabadba ömlik.

a./ Mekkora a kiömlő folyadéksugár sebessége, ha az áramlás veszteségtől eltekintünk (v_1=?)?

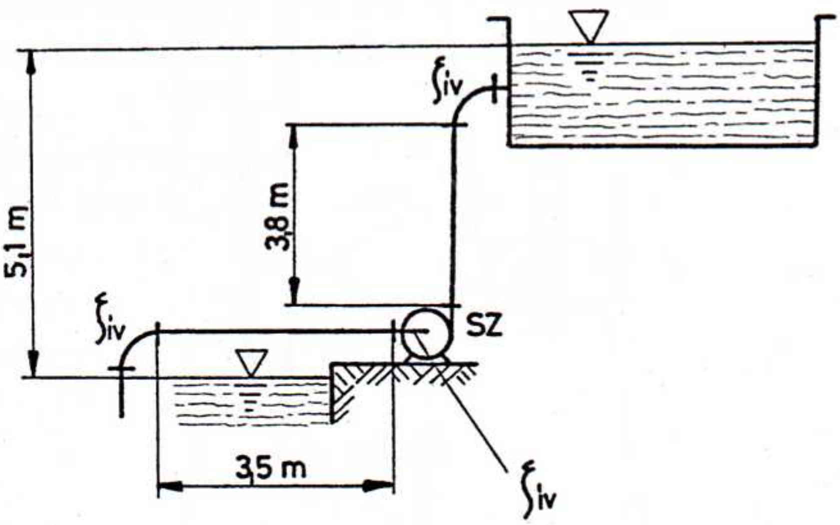
b./ Mennyi a kiömlési sebesség, ha a csősúrlódási tényező λ=0,03 (v_2=?)?

c./ Mekkora a kiömlési sebesség, ha a cső végén a kilépési keresztmetszet egy konfúzorral a felére csökkentjük (v_3=?)? A konfúzor vesztesége elhanyagolhatóan kicsi.

d./ Milyen sebességgel áramlik ekkor a víz a csőben (v_4=?)?

161. A 65. ábrán vízszivattyúhoz kapcsolt csővezeték vázlata látható. A cső belső átmérője d=283 mm, a csősúrlódási tényező λ=0,03. A beépített 90^o-os ívek veszteségtényezője ξ=0,4.

Rajzolja fel a csővezeték jelleggörbéjét v=(0-3) m/s sebességtartomány figyelembevételével!



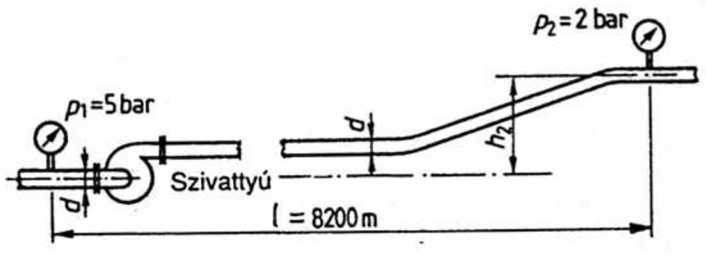
65. ábra

162. A 66. ábrán látható csővezetékben olajat $\rho_{o\ell}$=910 kg/m^3, $\nu_{o\ell}$=5.10-5 m^2/s, az 1 és a 2 helyen a nyomás p_1=5 bar és p_2=2 bar. A cső átmérője d=750 mm, a vezeték hossza ℓ=8,2 km, a magasságkülönbség h_2=50 m, a szivattyúhajtás teljesítménye P=250 kW, a szivattyú teljes hatásfoka η=0,7.

a./ Mekkora a csőben a csősúrlódási veszteség (h_v=?)?

b./ Milyen értékű a csősúrlódási tényező (λ=?)?

c./ Mennyi az áramlás Reynolds száma (Re=?)?



66. ábra

Kidolgozás:

a./ Az 1 és a 2 közötti szakaszra felírva a Bernoulli-tételt, a szivattyúteljesítményt figyelembe véve:

$$\frac{p_1}{\rho_{ol} \cdot g} + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + H_p - h_v = \frac{p_2}{\rho_{ol} \cdot g} + h_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

$h_1 = 0, \qquad v_1 = v_2,$ ebből

$h_v = \dfrac{p_1 - p_2}{\rho_{ol} \cdot g} + H_p - h_2,$ ahol a szivattyúteljesítmény

$$P[W] = \frac{q\left[m^3/s\right] \cdot \rho_{o\ell}\left[kg/m^3\right] \cdot g\left[m/s^2\right] \cdot H_p\,[m]}{\eta},$$

ebből

$$H_p = \frac{P \cdot \eta}{q \cdot \rho_{ol} \cdot g}.$$

$$h_v = \frac{(5-2) \cdot 10^5\,Pa}{910kg \cdot m^{-3} \cdot 9{,}81m \cdot s^{-2}} + \frac{250 \cdot 10^3\,W \cdot 0{,}7}{0{,}5m^3 \cdot s^{-1} \cdot 910kg \cdot m^{-3} \cdot 9{,}81m \cdot s^{-2}} - 50m = 22{,}81\ m.$$

b./ A veszteségmagasságra felírható:

$$h_v = \lambda \frac{\ell}{d} \frac{v^2}{2g},$$ amelyből

$$\lambda = \frac{h_v \cdot 2g \cdot d}{v^2 \cdot \ell} = \frac{22{,}81 m \cdot 2 \cdot 9{,}81 m \cdot s^{-2} \cdot 0{,}75 m}{1{,}13^2 (m \cdot s^{-1})^2 \cdot 8200 m} = 0{,}032.$$

Mivel a térfogatáram:

$$q = v \frac{d^2 \pi}{4},$$ amelyből

$$v = \frac{4q}{d^2 \pi} = \frac{4 \cdot 0{,}5 m^3 \cdot s^{-1}}{0{,}75^2 m^2 \cdot 3{,}14} = 1{,}1317\ m/s.$$

c./ A Reynolds - szám:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu_{ol}} = \frac{1{,}13 m \cdot s^{-1} \cdot 0{,}75 m}{5 \cdot 10^{-5} m^2 \cdot s^{-1}} = 16\ 976.$$

$Re=16\ 976 > 2320 = Re_{kr}$, ezért az olaj a csővezetékben turbulensen áramlik.

163. Két vízszintes, varrat nélküli acélcsőből készített, ℓ=250m hosszú, d=100 mm belső átmérőjű csővezetékben 40 °C-os víz (ρ_v=992 kg/m^3, ν_v=0,66.10^{-6} m^2/s), illetve 40 °C-os SAE 20 hidraulikaolaj ($\rho_{o\ell}$=850 kg/m^3, $\nu_{o\ell}$=50.10^{-6} m^2/s) áramlik v_m=0,5 m/s közepes áramlási sebességgel.

Számítsuk ki:

a./ a v_{kr} kritikus áramlási sebességet (a lamináris áramlásból turbulensbe való átcsapást),

b./ az olajáramlás esetében a λ csősúrlódási tényezőt, a h_v veszteségmagasságot és a Δp nyomáskülönbséget (nyomásesést)!

Kidolgozás:

a./ A kritikus Reynolds-szám:

$$Re_{kr} = \frac{v_{kr} \cdot d}{\nu} = 2320.$$

Ebből a kritikus sebesség vízre:

$$v_{krv} = \frac{\nu_v \cdot Re_{kr}}{d} = \frac{0{,}66 \cdot 10^{-6} m^2 / s \cdot 2320}{0{,}1 m} = 0{,}02\ m/s.$$

A kritikus sebesség olajra:

$$v_{krol} = \frac{\nu_{ol} \cdot \mathrm{Re}_{kr}}{d} = \frac{50 \cdot 10^{-6}\, m^2/s \cdot 2320}{0{,}1 m} = 1{,}16\ m/s.$$

A tényleges áramlási sebesség v_m=0,5 m/s. Tehát a vizet vezető csőben turbulens, az olajat vezető csőben lamináris áramlás alakul ki.

b./ Az olaj laminárisan áramlik a csőben.

A Reynolds-szám:

$$\mathrm{Re} = \frac{v_m \cdot d}{\nu_{ol}} = \frac{0{,}5 m/s \cdot 0{,}1 m}{50 \cdot 10^{-6}\, m^2/s} = 1000.$$

A csősúrlódási tényező:

$$\lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}} = \frac{64}{1000} = 0{,}064.$$

Ezzel a veszteségmagasság:

$$h_v = \lambda \frac{\ell}{\mathrm{d}} \frac{v_m^2}{2g} = 0{,}064. \frac{250 m}{0{,}1 m} \cdot \frac{0{,}5^2 (m/s)^2}{2 \cdot 9{,}81 m/s^2} = 2{,}04\ m,$$

illetve a nyomáskülönbség:

$$\Delta p = \lambda \frac{\ell}{\mathrm{d}} \rho_{ol} \frac{v_m^2}{2} = 0{,}064 \frac{250 m}{0{,}1 m} \cdot 850 kg/m^3 \cdot \frac{0{,}5^2 (m/s)^2}{2} = 17\ 000 N/m^2 = 0{,}17\ bar.$$

164. A 67. ábrán látható függőleges csővezetékbe U-csöves higanyos manométert kötöttünk. A bekötési távolság a=2 m. A cső belső átmérője d=19,8 mm. Időközönként változó mennyiségű víz áramlik benne felülről lefelé. A különféle áramlási sebességek és a hozzájuk tartozó csősúrlódási tényezők táblázatai adottak.

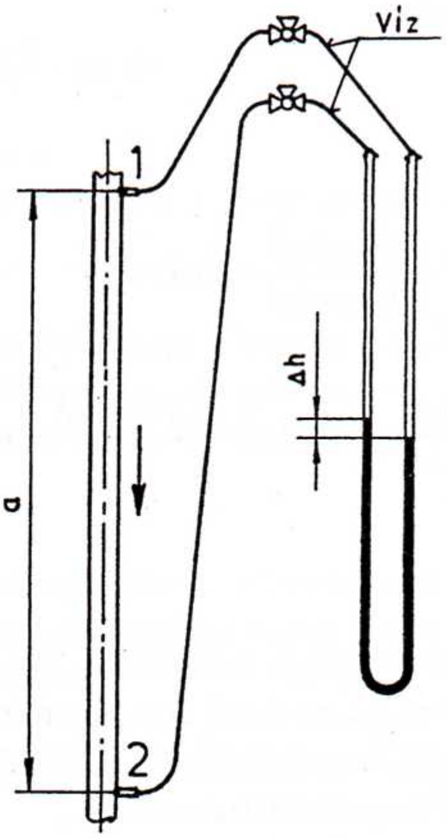
a./ Számítsa ki a táblázaton a cső ellenállásából származó nyomásesést, a 2 és 1 jelű hely közötti nyomáskülönbséget és az U-csöves higanyos manométer kitérését

($\Delta p = p_2 - p_1$?; Δh=?)!

b./ Ábrázolja a sebesség függvényében a $\Delta p = p_2 - p_1$ és Δh értékeit!

Célszerű lépték az abszcisszán 0,25 m/s.cm, az ordinátán 2 kPa/cm, valamint 20 mm/cm.

Sor-szám	v	λ	v^2	$\frac{\rho_v}{2}v^2$	$\frac{\ell}{d}\frac{\rho_v}{2}v^2$	$\lambda\frac{\ell}{d}\frac{\rho_v}{2}v^2$	Δp= =p2-p1	Δh
	m/s	-	m^2/s^2	$kg/(m.s^2)$	$kg/(m.s^2)$	Pa	kPa	mm
1	0,5	0,035						
2	1	0,032						
3	1,5	0,029						
4	2	0,026						
5	2,5	0,023						

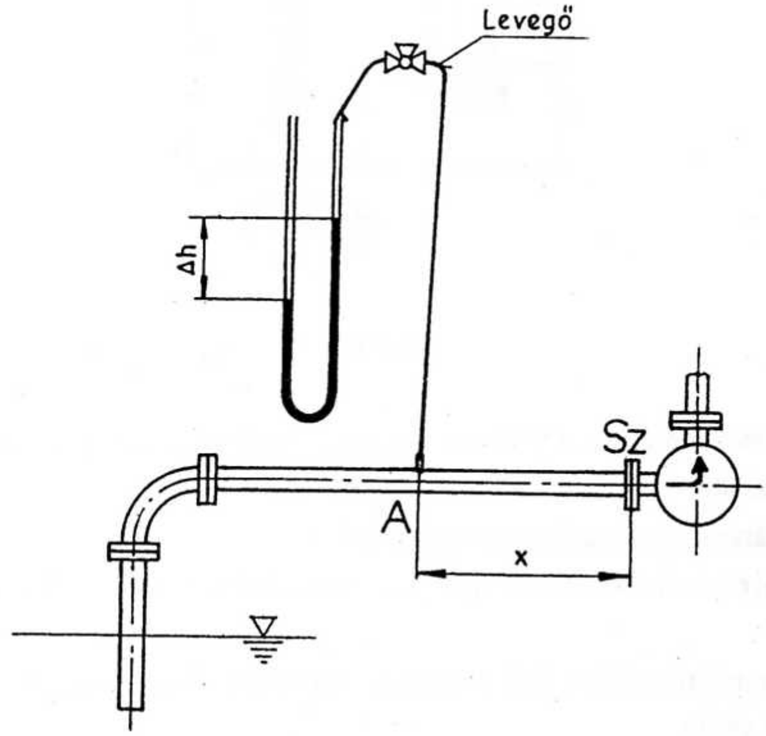


67. ábra

165. Szivattyú szívócsövére U-csöves higanyos manométert kötöttünk a 68. ábra szerint. A rákötési távolság a szivattyútól mérve x=1 m. A szállított közeg q=17,25 dm^3/s víz. A cső belső átmérője d=92,8 mm. A csősúrlódási tényező λ=0,018. A légköri nyomás p_k=100,5 kPa. A manométer kitérése Δh=90 mm.

a./ Mennyi a nyomás a csővezeték A jelű helyén (p_A=?)?

b./ Mennyi a nyomás az Sz jelű szívócsonkban (p_{Sz}=?)?

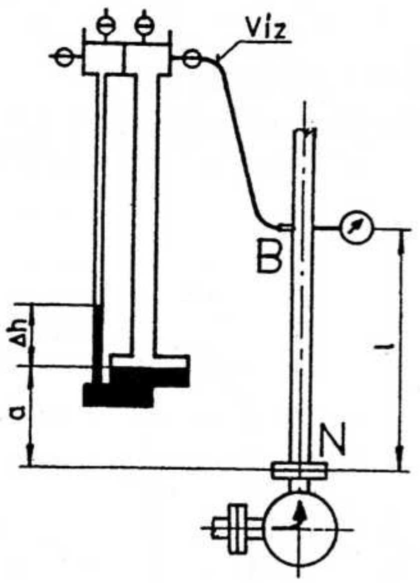


68. ábra

166. Szivattyú nyomócsövére egycsöves higanyos manométert kötöttünk a 69. ábra szerint. A rákötési távolság a szivattyú nyomócsonkjától ℓ=1 m. A dobozos manométer higanyszintjének távolsága a szivattyú nyomócsonkjától a=150 mm. A szállított közeg víz. A légköri nyomás p_k=101 kPa. A manométer kitérése Δh=137 mm.

a./ Mennyi a nyomás a csővezeték B jelű helyén (p_B=?)?

b./ Mennyi a nyomás az N jelű nyomócsonkban, ha a cső ellenállása okozta nyomásesés a B-N szakaszon Δp=810 Pa (p_N=?)?



69. ábra

167. A d=80 mm átmérőjű, ℓ=230 mm hosszú vízszintesen fekvő csővezeték óránként V=11 m^3 vizet szállít.

a./ Mekkora az áramlási sebesség a csőben (v=?)?

b./ Mekkora a nyomáscsökkenés a csőben, ha a csősúrlódási tényező λ=0,028 (Δp=?)?

168. A d=125 mm átmérőjű, ℓ=350 m hosszú vízszintesen fekvő acél csővezeték óránként V=280 m^3 vizet szállít.

a./ Mekkora a víz áramlási sebessége a csőben (v=?)?

b./ Mekkora a szükséges statikus nyomáskülönbség a cső eleje és vége között, ha a csősúrlódási tényező λ=0,015 (Δp=?)?

169. Az ℓ=300 m hosszú csővezetéken percenként V=120 ℓ vizet kell felfelé szivattyúzni. A v_0=2 m/s-os áramlási sebességet nem szabad meghaladni. A cső két vége közötti magasságkülönbség H=20 m.

Keressük:

a./ a cső d átmérőjét mm-ben (egész számra kerekítve),

b./ a v áramlási sebességet a kiszámított csőkeresztmetszetben,

c./ a Δp nyomáscsökkenést a vezetékben, ha a csősúrlódási tényező λ=0,025,

d./ a víz p_d dinamikus nyomását,

e./ a szivattyú nyomócsonkján mérhető p_t túlnyomást,

f./ a P szállítási teljesítményt kW-ban.

170. a h=25 m magas víztoronyból táplált vízvezeték (70. ábra) méretei a következők:

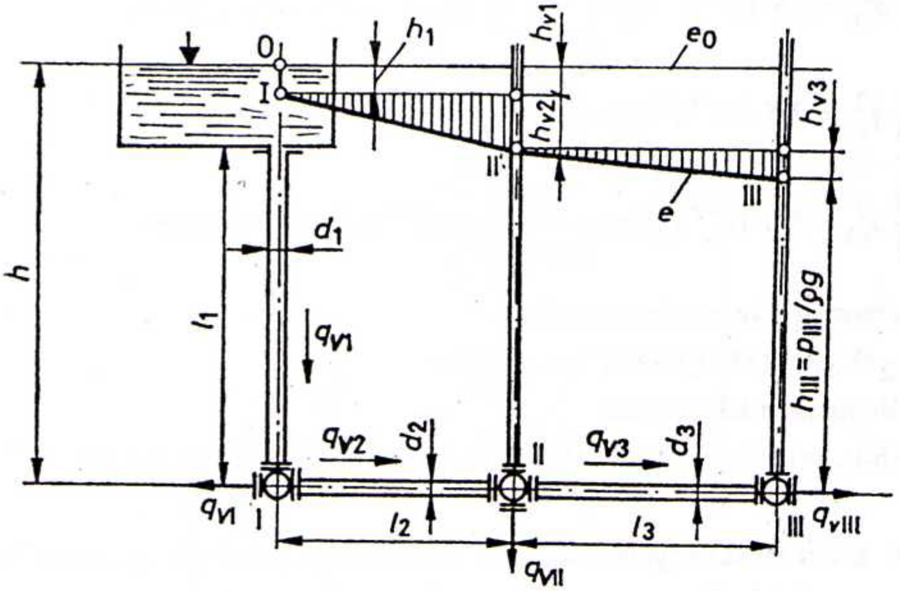
1. (leszálló) csőszakasz	ℓ_1=23 m,
	d_1=200 mm,
	A_1=314 cm^2,
2. csőszakasz	ℓ_2=150 m,
	d_2=200 mm,
	A_2=314 cm^2,
3. csőszakasz	ℓ_3=250 m,
	d_3=150 mm,
	A_3=177 cm^2.

A vízfogyasztás

I. csomópontban	q_{VI}= 40 m^3/h,
II. csomópontban	q_{VII}= 72 m^3/h,
III. csomópontban	q_{VIII}= 36m^3/h,

A csősúrlódási tényező λ=0,03.

Mekkora a III. pontban a túlnyomás (p_{tIII}=?)?



70. ábra

Kidolgozás:

A csőszakaszokban áramló vízmennyiségek:

$q_{v1}=q_{VI}+q_{VII}+q_{VIII}=(40+72+36)\ m^3/h = 148\ m^3/h = 41,1\ \ell/s$,

$q_{v2}=q_{VII}+q_{VIII}=(72+36)\ m^3/h = 108\ m^3/h = 30\ \ell/s$,

$q_{v3}=q_{VIII} = 36\ m^3/h = 10\ \ell/s$,

Egyenes cső mentén a veszteségmagasság:

$$h_v = \lambda \frac{\ell}{d}\frac{v^2}{2g}.$$

Ha a vízvezeték több különféle átmérőjű csőszakaszból áll, vagy ha a veszteségmagasságot változó térfogatáram függvényében keressük, akkor a h_v fenti egyenlet helyett a következő összefüggés használata indokolt, amely a veszteségmagasságokat a térfogatáram négyzetével fejezi ki.

$v=q_v/A$ és $A=d^2\pi/4$ helyettesítésével a fenti h_v egyenlet rendezés után a következő alakban írható:

$$h_v = K\frac{\ell}{d^5}q_v^2,\ \text{ahol}\ K = \frac{8\lambda}{\pi^2\rho}\ s^2/m.$$

A példában $K=2,5.10^3\ s^2/m$, és ℓ_1, ℓ_2, ℓ_3 az egyenértékű csőhosszúság, így az áramlási veszteségmagasság:

$$h_{v1} = K\frac{\ell_1}{d_1^5}q_{v1}^2 = 2,5\cdot 10^{-3}\, s^2/m \cdot \frac{23m}{(0,2m)^5}\cdot(0,0411 m^3/s)^2 = 0,31\ m,$$

$$h_{v2} = K\frac{\ell_2}{d_2^5}q_{v2}^2 = 2,5\cdot 10^{-3}\, s^2/m \cdot \frac{150m}{(0,2m)^5}\cdot(0,03 m^3/s)^2 = 1,05\ m,$$

$$h_{v3} = K\frac{\ell 3}{d_3^5}q_{v3}^2 = 2,5\cdot 10^{-3}\, s^2/m \cdot \frac{250m}{(0,15m)^5}\cdot(0,01 m^3/s)^2 = 0,82\ m.$$

A III. csomópontig a veszteségmagasság:

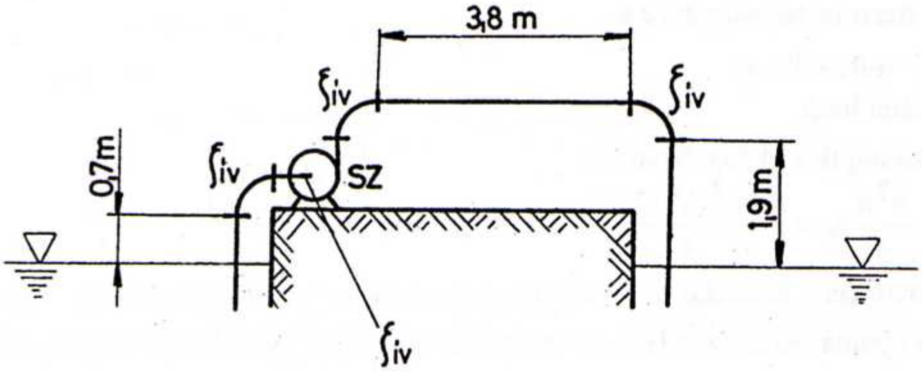
$h_v=h_{v1}+h_{v2}+h_{v3}=(0,31+1,05+0,82)m = 2,18\ m$,

és ezzel a túlnyomás a III. pontban

$p_{tIII}=\rho_v.g.(h-h_v)=10^3 kg/m^3.9,81\ m/s^2\ (25m-2,18m)=2,24.10^5\ Pa=224\ kPa$.

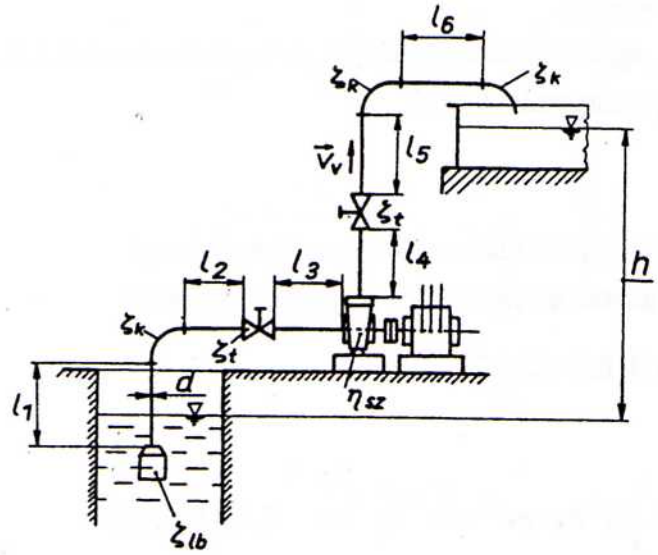
171. A 71. ábrán vízszivattyúhoz kapcsolt csővezetéket láthatunk. A cső belső átmérője d=125 mm, a csősúrlódási tényező $\lambda=0,03$. A beépített 90^o-os ívek veszteségtényezője egyenként $\xi_{iv}=0,4$.

Rajzolja fel a csővezeték jelleggörbéjét v=(0-3) m/s sebességtartomány figyelembevételével!



71. ábra

172. A 72. ábra szivattyúhoz kapcsolt szívó- és nyomóvezeték vázlatos elrendezését mutatja a szerelvényekkel együtt. A víz áramlási sebessége v_v= 2 m.s^{-1}, a cső belső átmérője d=50 mm, az egyenes csőhosszak összege $\Sigma \ell_i$=20 m, az emelőmagasság h=11 m, a szivattyú hatásfoka η_{sz}= 65%, a veszteségtényezők az egyes szerelvényekre:
$\xi_{\ell b}$=3, ξ_k=0,5, ξ_t=0,2, a csősúrlódási tényező λ=0,0175.
Számítsa ki a szivattyú hajtásához szükséges teljesítményt (P_b=?)!



72. ábra

Kidolgozás:

A szivattyú hasznos teljesítménye a

$P_h = q.p_{össz} = q.\rho_v.g.h_{össz}$

képletből számítható.

Először kiszámítjuk a térfogatáramlást:

$$q = A \cdot v_v = \frac{d^2\pi}{4} v_v = \frac{0,05^2 m^2 \cdot 3,14}{4} 2m \cdot s^{-1} = 3,92 \cdot 10^{-3}\ m^3 \cdot s^{-1}.$$

Az összes nyomás a szállítási szintkülönbség geodetikus magasságkülönbség legyőzéséhez szükséges p nyomás és az áramlási veszteségeket fedező $\Delta p'$ nyomásveszteség összege.

$p_{össz} = p + \Delta p'$, ill.

az összes szállítómagasság:

$h_{össz} = h + h'$.

A nyomásveszteség:

$$\Delta p' = \lambda \frac{\Sigma \ell_i}{d} \rho_v \frac{v^2}{2} + \Sigma \xi_i \rho_v \frac{v^2}{2} + \rho_v \frac{v^2}{2},$$

ahol $\rho_v.v^2/2$ tag az áramló folyadék fajlagos mozgási energiája, amely a cső végén kifolyó vízzel együtt elmegy, és a felső medencében súrlódási munkává alakul: neve kifolyási veszteség.

A nyomásveszteség képlete tovább alakítható:

$$\Delta p' = \lambda \frac{\ell_e}{d} \rho_v \frac{v^2}{2} + \rho_v \frac{v^2}{2}, \quad \text{ahol}$$

ℓ_e az ún. egyenértékű csőhossz.

A ℓ_e olyan d átmérőjű, egyenes csődarab hossza, amelynek a nyomásvesztesége azonos a bonyolult csővezeték nyomásveszteségével:

$$\ell_e = \sum_{i=1}^{i=n} \ell_i + \frac{d}{\lambda} \sum_{i=1}^{i=n} \xi_i,$$

mert az egyenes csőhossz egyenértékű csőhossza nyilván önmaga.

Behelyettesítve a példa adatait az egyenértékű csőhossz képletébe:

$$\ell_e = 20m + \frac{0,05m}{0,0175}(3 + 3 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,2) = 34\ m.$$

A nyomásveszteség:

$$\Delta p' = \left(1,0175 \frac{34m}{0,05m} + 1\right) 10^3\ kg \cdot m^{-3} \cdot \frac{2^2 m^2 \cdot s^{-2}}{2} = 0,0258\ MPa.$$

A szintkülönbség legyőzéséhez szükséges nyomás:

$p=\rho_v.g.h = 10^3 \text{ kg.m}^{-3} .9{,}81 \text{ m.s}^{-1}.11 \text{ m} = 1{,}078 .10^5 \text{ Pa}=0{,}1078 \text{ MPa}.$

A bevezetett teljesítmény:

$$P_b = \frac{P_h}{\eta_{sz}} = \frac{3{,}92 \cdot 10^{-3}\, m^3 \cdot s^{-1}(0{,}1078 + 0{,}0258) \cdot 10^6\, N \cdot m^{-2}}{0{,}65} = 0{,}806 \text{ kW}.$$

173. Két azonos hosszúságú, azonos felületminőségű egyenes csővezetékben azonos sebességű folyadékáram halad.

Az egyik csővezeték átmérője kétszerese a másikénak.

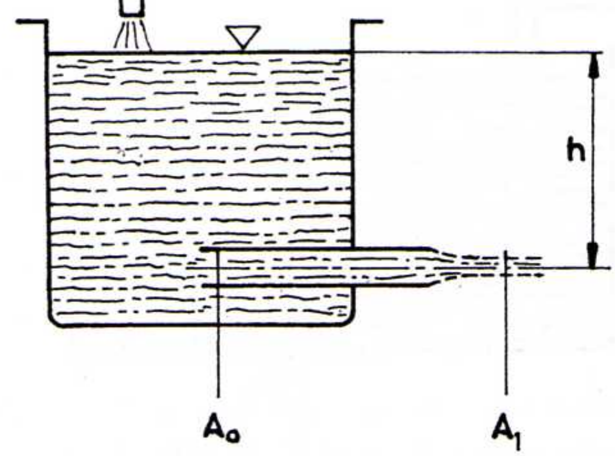
a./ Hogyan aránylanak egymáshoz a veszteségmagasságok (h_{vd}/h_{vD}=?)?

b./ Mennyi a folyadékáramok viszonya (q_d/q_D=?)?

c./ Mennyi az azonos idő alatt keletkező csősúrlódási munkák aránya (W_d/W_D=?)? (A két folyadék azonos.)

174. Egy tartály oldalán levő A_o keresztmetszetű csövet illesztünk a 73. ábrán látható módon. A tartályban víz van.

Bizonyítsa be, hogy a csövön kiáramló vízsugár keresztmetszete $A_1=A_o/2$!



73. ábra

Kidolgozás:

A csőbe belépő folyadék elszakad a cső falától és egy szűkülő keresztmetszetű nyalábot alkot. Ha az edény keresztmetszete A_o-hoz képest elég nagy, akkor az áramlás stacionáriusnak tekinthető. Az edényben levő folyadék impulzusváltozása egy kicsiny Δt idő alatt

$\Delta p=F\ \Delta t+\Delta p'$, ahol

F a külső erők eredője, p' pedig a kiáramló folyadék által elvitt impulzus. Stacionárius áramlás esetén $\Delta p=0$. A folyadékra ható vízszintes erőhöz csak az oldalfalak függőleges felülete ad járulékot. Itt a folyadék nem áramlik (!) tehát csak $p=\rho_V.g.h$ hidrosztatikus nyomás lép fel. A szemközti oldalfalak járulékai majdnem kiegyenlítik egymást, csak a nyílással szemben levő A_o felületen ható $A_o.\rho_V.g.h$ erő marad meg.

Az impulzusmérleg:

$A_o.\rho_V.g.h=A_1.\rho_V.v^2$, ahol v a kiáramló víz sebessége az edényen kívül.

Az energiamegmaradás tételéből

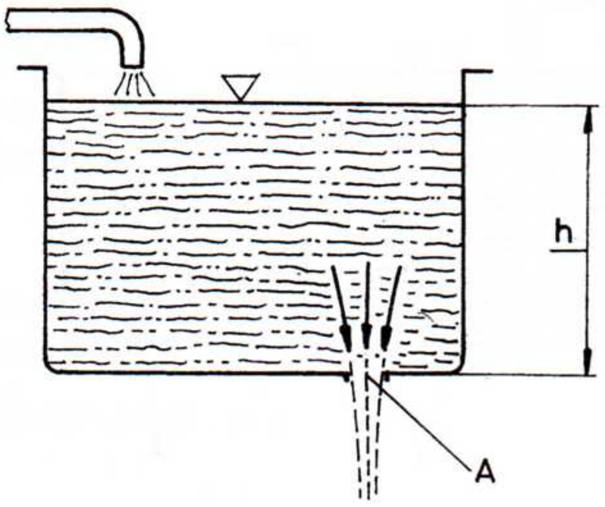
$\rho_V.g.h = \rho_V.v^2/2$, tehát

$A_1 = A_o/2$.

175. Egy víztartály alján levő A keresztmetszetű nyíláson v függőleges átlagsebességgel ömlik a víz (74. ábra).

a./ Mekkora erővel nyomja a víz a tartályt (F_n=?)?

b./ Mi a kapcsolat a v és a vízréteg h magassága között?



74. ábra

Kidolgozás:

A tartályból Δt idő alatt $v.A.\Delta t$ térfogatú víz távozik. Ez függőleges irányban $\Delta p=\rho_V.A.v^2.\Delta t$ impulzust visz el.

A vízre ható erő eszerint:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \rho_v \cdot g \cdot v^2.$$

Ez az erő a G súlyerő és a tartály aljának F_n nyomóerejéből származik:

$F = G - F_n$.

A tartályra ható erő:

$F_n = G - \rho_v.g.v^2$.

Mivel a kifolyónyílás közelében a víznek vízszintes irányú sebessége is van, a Bernoulli-egyenlet szerint $\frac{1}{2}(v^2 + v^2_{vízsz}) = g.h$, ahonnan

$v^2 < 2g.h$.

Másrészt a tartály aljára ható F_n erőt úgy is kiszámíthatjuk, hogy a fenéklap A_o - A keresztmetszetét (A_o a teljes tartálykeresztmetszet) megszorozzuk a tartály alján levő átlagos nyomással:

$F_n = (A - A_o)p$.

Mivel az edény alján a folyadék áramlik, a Bernoulli-egyenlet szerint

$$p = \rho_v.g.h - \rho_v < \frac{v^2}{2} 2gh.$$

$F_n < (A_o - A)\ \rho_v.g.h$.

F_n korábban felírt alakjának és a

$G = A.\rho_v.g.h$ összefüggésnek a felhasználásával:

$2g.h > v^2 > g.h$.

(A sebesség pontos értékének kiszámításához az áramlás részletesebb leírására lenne szükség).

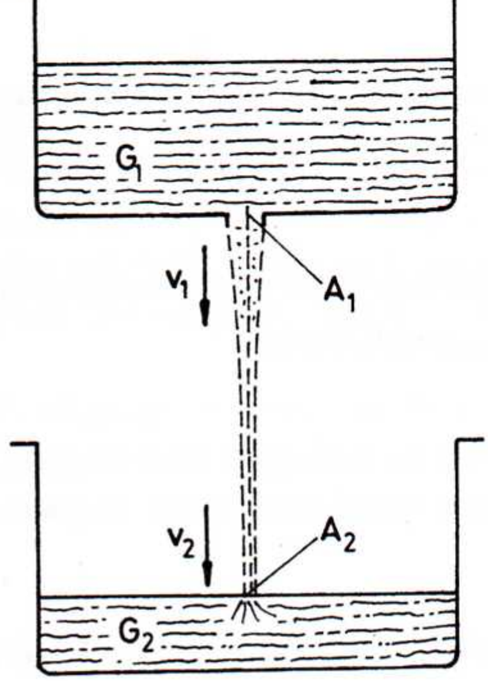
176. Egy kiegyensúlyozott mérleg egyik serpenyőjében két edény van egymás fölött (75. ábra). A felső vízzel töltött, az alsó üres. Mi történik, ha a felső tartályból egy kis nyíláson víz folyhat az alsóba?

Kidolgozás:

Egy adott pillanatban a felső edényben levő víz súlya legyen G_1, az edény alján lévő A_1 keresztmetszetű nyíláson kiáramló víz átlagos függőleges sebessége pedig v_1. Az alsó edényben legyen ugyanakkor G_2 súlyú víz és a beleömlő A_2 keresztmetszetű vízsugár függőleges sebességét jelölje v_2.

A kontinuitási egyenlet szerint:

$A_1.v_1 = A_2.v_2$.



75. ábra

Az előző feladat (175. példa) megoldását felhasználva az egyes edényekre ható erők:

$F_{n1} = G_1 - \rho_v . A_1 . v_1^2$,

$F_{n2} = G_2 + \rho_v . A_2 . v_1^2$

a teljes erő pedig

$F = F_{n1} + F_{n2} = G_1 + G_2 + \rho_v . A_1 . v_1 (v_2 - v_1)$.

Ha a felső nyílásból a vízrészecskék t idő alatt esnek az alsó edénybe, akkor $v_2 - v_1 = g.t$. Mivel t idő alatt $A_1 . v_1 . t$ térfogatú víz áramlik ki a felső tartályból, a két edény között éppen a levegőben levő víz áramlik ki a felső tartályból.

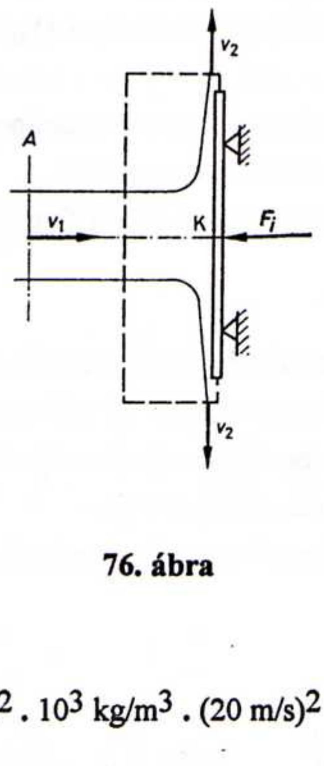
A két edény között éppen a levegőben levő folyadék súlya:

$G_3 = \rho_v . A_1 . v_1 (v_2 - v_1)$.

A mérleg tehát továbbra is egyensúlyban marad.

Ezt az eredményt sokkal egyszerűbben is megkaphattuk volna, hiszen csak azt kell megfontolnunk, hogy az áramlás stacionárius. A tömegközéppont tehát nem gyorsul, így a rendszere ható erők eredője nulla. A rendszert lefelé a súlyerő húzza, fölfelé a mérleg karja nyomja, és a fentiek szerint ezek az erők egyenlőek.

177. Egy d=50 mm átmérőjű, A=19,6 cm^2 keresztmetszetű és v=20 m/s sebességű vízsugár - a 76. ábra szerint merőlegesen érkezik egy álló síklapra, amely az eltérés jósága érdekében a sugár keresztmetszete nagyobb.
Mekkora a lapot merőlegesen támasztó erő (F_i=?)?



76. ábra

Kidolgozás:

$F_i = -F_d = A.\rho_v.v^2 = 1{,}96 \,.\, 10^{-3}\ m^2 \,.\, 10^3\ kg/m^3 \,.\, (20\ m/s)^2 = 74\ N.$

178. Egy A=0,5 dm^2 keresztmetszetű álló csőből v_1=10 m.s^{-1} sebességgel víz áramlik ki, amely v_2= 2 m.s^{-1} sebességgel azonos irányba mozgó sík lapnak ütközik. A víz sűrűsége ρ_v= 1000 kg.m^{-3}.
Mekkora erő hat a lapra (F_d=?)?

Kidolgozás:

Az impulzuserő:

$F_d = q\,.\rho_v.(v_1 - v_2) = A.v_1.\,\rho_v(v_1 - v_2) =$
$= 0{,}005\ dm^2 \,.\, 10\ m.s^{-1}.\ 1000\ kg.m^{-3}\,.(10-2)(m.s^{-1})^2 = 400\ N.$

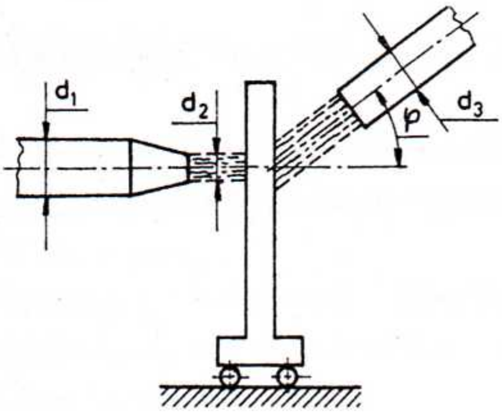
179. Egy nyíláson másodpercenként q= 1 m^3 víz áramlik ki v_1=10 m.s^{-1} sebességgel.
Mekkora erő hat egy vele egy irányban v_2=6 m.s^{-1} sebességgel mozgó sík lapra (F_d=?)?

180. Egy $A=0{,}8\ dm^2$ keresztmetszetű csőből kiáramló víz sebessége $v_1=12\ m.s^{-1}$.
A víz álló sík lapnak ütközik. A víz sűrűsége $\rho_V= 1000\ kg.m^{-3}$.
Mekkora a lapra ható erő nagysága (F_d=?)?

181. Egy víztorony aljában elhelyezett kifolyónyílás keresztmetszete $A=0{,}005\ m^2$. A kifolyónyílás és a vízszint távolsága h=40 m.
Mekkora erő hat a kifolyónyílás elé tartott sík lapra (F_d=?)?

182. Egy d=50 mm átmérőjű vízszintes csőből másodpercenként V= 30 ℓ víz áramlik ki.
a./ Milyen sebességgel lép ki a csőből a víz (v=?)?
b./ Mekkora erővel kell a vízsugár útjába állított függőleges lapot megtámasztani, hogy az ne mozduljon el (F_i=?)?

183. A 77. ábrán látható, elmozdíthatóan felállított lemezt mindkét oldalán vízsugár éri. A vízszintes cső átmérője d_1=80 mm, az abból kiömlő vízsugár átmérője d_2= 50 mm, a ferde cső átmérője d_3=80 mm. A térfogatáram a ferde helyzetű csőben $q_3=0{,}05\ m^3/s$, a ferde cső középvonalának vízszintessel bezárt szöge $\varphi=30^o$.
Mekkorának kell lenni a fúvóka előtti p_1 túlnyomásnak lennie, hogy a lemez egyensúlyban legyen?

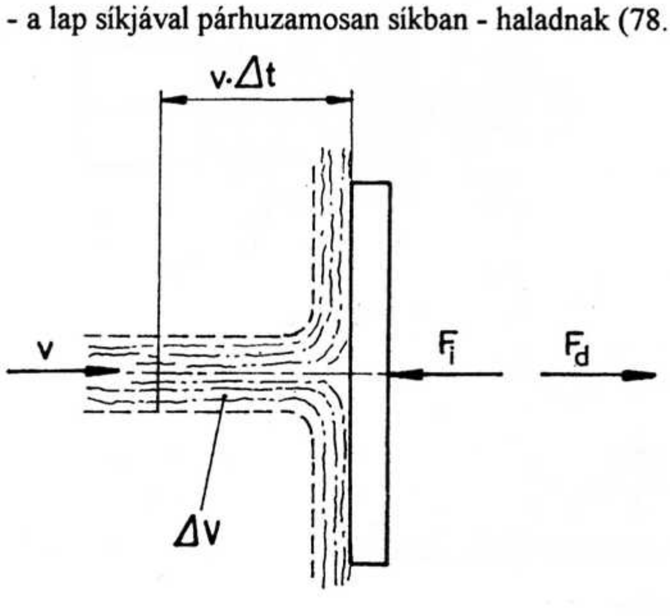


77. ábra

184. A $\rho_V= 1000\ kg.m^{-3}$ sűrűségű vízsugár d=30 mm belső átmérőjű fúvókából v=18 m/s sebességgel lép ki és függőlegesen falnak csapódik.
Mekkora a lökőerő (F_d=?)?

185. A ρ_v= 1000 kg.m^{-3} sűrűségű vízsugár d=30 mm belső átmérőjű fúvókából v=18 m/s sebességgel - a sugár tengelyéhez viszonyítva - φ=30^o-ra elhelyezett ferde lemeznek csapódik.
Mekkora a lemezre merőleges lökőerő (F_{dn}=?)?

186. A v sebességgel haladó, A keresztmetszetű vízsugár álló lapba ütközik merőlegesen. Vezesse le betűkkel, hogy mekkora erőt fejt ki a vízsugár a lapra (F_i=?)!
Feltételezzük, hogy a folyadékrészecskék nem pattannak vissza a lapról, hanem ütközés után a lap mentén - a lap síkjával párhuzamosan síkban - haladnak (78. ábra).



78. ábra

187. Egy vízcsapra ℓ=0,5 m hosszú, d=12 mm átmérőjű gumicsövet húzunk. A csap megnyitása után a csövön q= 1 ℓ/s térfogatáramú víz folyik ki. A cső végét megemeljük, hogy a víz vízszintesen folyjon ki.
Mekkora erővel kell tartanunk a cső végét (F_i=?)?

188. A 79. ábra szerint a fonalra felfüggesztett kör alakú síklap egyik oldalára vizet fecskendezünk, a másik oldalára levegőt fúvatunk a síklapra merőlegesen. A vízsugár átmérője d_1=150 mm, a sebessége v_v=2 m.s^{-1}. A víz sűrűsége ρ_v= 1000 kg.m^{-3}. A levegősugár átmérője d_2=250 mm. A levegő sűrűsége ρ_ℓ=1,293 kg.m^{-3}.
Mekkora a levegő sebessége, ha azt szeretnénk, hogy a síklap függőleges helyzetben maradjon (v_ℓ=?)?