Általános géptan a gyakorlatban

Szerkesztette:

Dr. Fazekas Lajos

A tananyag elkészítését a „A Debreceni Egyetem fejlesztése a felsőfokú oktatás minőségének és hozzáférhetőségének együttes javítása érdekében” az **EFOP-3.4.3-16-2016-00021** számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Szerkesztő:

Dr. Fazekas Lajos

Szerző:

Dr. Fazekas Lajos

Kézirat lezárva: 2018. május 10.

ISBN 978-963-473-999-9

Kiadja: DE Műszaki Kar

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS 6
1. SI MÉRTÉKEGYSÉGEK 7
1.1 Mértékegység-rendszerek 7
2. A GÉPEK VESZTESÉGEI, FAJLAGOS FOGYASZTÁS, GAZDASÁGI HATÁSFOK 9
3. LENDÍTŐKERÉK 22
4. ENERGIAÁTVITEL FOLYADÉKOKBAN 32
4.1 Hidrosztatika 32
4.2 Hidrodinamika 50
5.FOLYADÉKOT ÉS LÉGNEMŰ ANYAGOT SZÁLLÍTÓ GÉPEK 64
6. GŐZGÉPEK, GÁZGÉPEK 70
7. VÍZTURBINÁK, SZÉLKEREKEK 79
8 VÉGEREDMÉNYEK 83
FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM 86

ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra SI alapegységek 7
2. ábra Néhány származtatott SI egység 7
3. ábra Prefixumok 8
4. ábra A lejtőn felfelé haladó megrakott kocsi erőjátéka 10
5. ábra A lejtőn lefelé haladó terheletlen kocsi erőjátéka 10
6. ábra Energiafolyamábra a veszteségek szemléltetésével 12
7. ábra Áramfejlesztő telepre kapcsolt akkumulátor töltése 15
8. ábra Benzinmotor üzemanyag fogyasztásának görbéje 19
9. ábra Lendítőkerék 27
10. ábra Szögsebesség-idő diagram 29
11. ábra Szögsebesség változás idő függvényében 31
12. ábra U alakú mérőcsövek 33
13. ábra U-cső nyomásegyensúlya 33
14. ábra Nyomások értelmezése 34
15. ábra Vákuum az edényben 35
16. ábra Kazánban uralkodó túlnyomás 36
17. ábra Légtartályban uralkodó nyomás mérése 38
18. ábra Kazánban uralkodó nyomás meghatározása 38
19. ábra Differenciál nyomásmérő 40
20. ábra U alakú cső 40
21. ábra Borlopóban uralkodó nyomás 41
22. ábra U csöves higanyos manométert csővezetékre szerelve 42
23. ábra Nyomólégüst 44
24. ábra Víznyomásos dugattyús emelő 45
25. ábra Hidraulikus dugattyús emelő 46
26. ábra Kézi működtetésű hidraulikus emlő 47
27. ábra Dugattyú beépítés 48
28. ábra Áramló víz a csőben 48
29. ábra Lamináris és turbulen áramlás 50
30. ábra Venturi cső 51

31. ábra Locsolócső végének kialakítása 53
32. ábra Venturi csőben áramló folyadék nyomáskülönbsége 53
33. ábra Ferde csőben ébredő nyomáskülönbség 55
34. ábra Ventúri csőben nyomás mérése 56
35. ábra Csőrendszerbe iktatott Venturi cső 57
36. ábra Síklapra érkező vízsugár 58
37. ábra Könyökcsőre ható erő 59
38. ábra Vízikerék lapátja 60
39. ábra Elmozdíthatóan felállított lemez 60
40. ábra Radiális síklapátozású vízikerék 62
41. ábra Tartályok kapcsolata 63
42. ábra Höerőmű egyszerűsített kapcsolási rajza 72
43. ábra Otto-motor teljesítményszalagja 74

BEVEZETÉS

Az Általános Géptan című tantárgy feladata, hogy betekintést adjon a műszaki gyakorlat egyes területeire, elősegítse a különféle középiskolai előtanulmányok egyesítését a gépek, berendezések üzemtani jellemzőinek ismeret és számítása keretében, hozzájáruljon az általános és műszaki intelligencia szélesítéséhez, valamint hozzásegítse a hallgatókat a műszaki gondolkodás elsajátításához.

Ezen példatár a tárgyat tanulók egyéni tanulását, a tárgy célkitűzéseinek megvalósítását kívánja elősegíteni. 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.

A példatár a tantárgy programjának és gyakorlati elvárásainak megfelelően a következő feladatokra tér ki:

1. A gépek veszteségei, fajlagos fogyasztás, gazdasági hatásfok ismertetése
2. Lendítőkerék
3. A folyadék, mint energiahordozó, hidrosztatika, hidrodinamika
4. Folyadékot, légnemű anyagokat szállító gépek
5. Gőzgépek, gázgépek
6. Vízturbinák, szélkerekek

A feladatok megoldása az SI mértékrendszer alkalmazásával történik.

Remélem, hogy e példatár a gépészmérnök és a műszaki menedzser ipari speciális BSc szak szakirányú szakos hallgatók hasznos oktatási segédeszközévé válik.

1. SI MÉRTÉKEGYSÉGEK

1.1 Mértékegység-rendszerek

Egy fizikai mennyiség mértékegységének megválasztásakor látszólag szabadok vagyunk. Ez nem teljesen így van, mert csupán az alapegységek megválasztásakor van szabadságunk: a mértékegységek ugyanis rendszert alkotnak, amelyeket fizikai törvények kapcsolnak össze. Egy mértékrendszer akkor koherens, ha az alapegységekből származtatott mennyiségek egységeit ugyanazokkal az összefüggésekkel értelmezzük, mint amilyenekkel a fizikai mennyiségeket értelmeztük. **Ilyen rendszer a System International, vagyis az SI rendszer.** Az SI mértékegységeket két részre lehet osztani. Hét SI-alapegység van (1. ábra), ezek mindegyike dimenziófüggetlen a többitől. **Ezzel a hét alapegységgel több származtatott egységet lehet létrehozni** (2. ábra.). Az SI mértékegységeken kívül több nem SI mértékegység is használatos az SI-vel összhangban.

SI alapegységek			
mértékegység neve	**jele**	**mennyiség neve**	**mennyiség jele**
méter	**m**	hossz	**l** (kis L)
kilogramm*	**kg**	tömeg	**m**
másodperc	**s**	idő	**t**
amper	**A**	elektromos áramerősség	**I** (nagy i)
kelvin	**K**	abszolút hőmérséklet	**T**
mól	**mol**	anyagmennyiség	**n**
kandela	**cd**	fényerősség	I_v

1. ábra SI alapegységek

Néhány származtatott SI egység			
fizikai mennyiség	egység neve	egység jele	egység származtatása
térfogat	köbméter		m^3
sűrűség			$kg*m^{-3}$
erő	Newton	N	$kg*m*s^{-2}$
energia	Joule	J	$kg*m^2*s^{-2}$
teljesítmény	Watt	W	$kg*m^{-1}*s^{-2} = N*m^{-2} = J*m^{-3}$
elektromos töltés	Coulomb	C	$A*s$
feszültség	Volt	V	$kg*m^2*s^{-3}*A^{-1} = J*A^{-1}*s^{-1}$
elektromos ellenállás	Ohm	Ω	$kg*m^2*s^{-3}*A^{-2} = V*A^{-1} = S^{-1}$
elektromos vezetés	Siemens	S	$kg^{-1}*m^{-2}*s^3*A^2 = W^{-1}$
kapacitás	Farad	F	$A^2*s^4*kg^{-1}*m^{-2} = A*s*V^{-1}$
anyagmennyiség-koncentráció			$mol*m^{-3}$
molalitás			$mol*kg^{-1}$

2. ábra Néhány származtatott SI egység

Az SI alapmennyiségeiből származtatott fizikai menynyiségeket, ill. mértékegységeket az alap- és a kiegészítő egységek megfelelő hatványainak szorzatai, hányadosai adják. Az SI mértékrendszerben a **prefixum**okat (3. ábra), **előtétszó**kat vagy **előtag**okat a nagyon nagy vagy nagyon kicsi mennyiségek rövid leírására használjuk, a könnyebb áttekinthetőség érdekében.

Előtag	Jele	Neve	Értéke
yotta-	Y	kvadrillió	10^{24}
zetta-	Z	ezertrillió	10^{21}
exa-	E	trillió	10^{18}
peta-	P	ezerbillió	10^{15}
tera-	T	billió	10^{12}
giga-	G	milliárd	10^{9}
mega-	M	millió	10^{6}
kilo-	k	ezer	10^{3}
hekto-	h	száz	10^{2}
deka-	da	tíz	10^{1}

Előtag	Jele	Neve	Értéke
yocto-	y	kvadrilliomod	10^{-24}
zepto-	z	ezertrilliomod	10^{-21}
atto-	a	trilliomod	10^{-18}
femto-	f	ezerbilliomod	10^{-15}
piko-	p	billiomod	10^{-12}
nano-	n	ezermilliomod	10^{-9}
mikro-	μ	milliomod	10^{-6}
milli-	m	ezred	10^{-3}
centi-	c	század	10^{-2}
deci-	d	tized	10^{-1}

3. ábra Prefixumok

A mértékegységeket elsősorban gyakorlati, célszerűségi szempontok alapján választják meg. Egy-egy fizikai mennyiség mérésekor két adatot tüntettünk fel: a mértékszámot és a mértékegységet.A mértékszám megmutatja, hogy az adott fizikai mennyiség hányszorosa a mértékegységnek:

fizikai mennyiség = mértékszám x mértékegység.

A fizikai mennyiségek és mértékegységeik jelölésére a magyar szabványok által előírt jeleket (betűket) használjuk.

2. A GÉPEK VESZTESÉGEI, FAJLAGOS FOGYASZTÁS, GAZDASÁGI HATÁSFOK

1.Egy $\alpha = 25^o$-os lejtésű kétvágányú siklón felfelé irányuló anyagszállítás folyik. A m_{cs} = 500 kg tömegű csillében $m_{kő}$ = 1000 kg tömegű zúzott kő rakható be. Határozzuk meg a d = 650 mm külső átmérőjű kötéldob és az n_{motor} = 1500 ford/min fordulatszámú villamosmotor közé beépítendő fogaskerék-hajtómű áttételét valamint a villamosmotor szükséges teljesítményét, ha tudjuk, hogy:

- a csillék haladási sebessége v_{csille} = 50 m/min,
- a gördülési ellenállás értéke μ_g = 0,02,

a kötéldobnál η_{dob} = 85 %-os, a hajtóműnél $\eta_{hajtómű}$ = 60 %-os a villamosmotornál pedig η_{motor} = 80 %-os hatásfokkal kell számolnunk.

Rajzoljuk fel az energiafolyamábrát a veszteségek szemléltetésére

<u>Megoldás:</u>

$g=10\ m/s^2$

$\alpha = 25^o$

m_{cs} = 500 kg

$m_{kő}$ = 1000 kg

d = 650 mm

n_{motor} = 1500 ford/min

v_{csille} = 50 m/min,

μ_g = 0,02

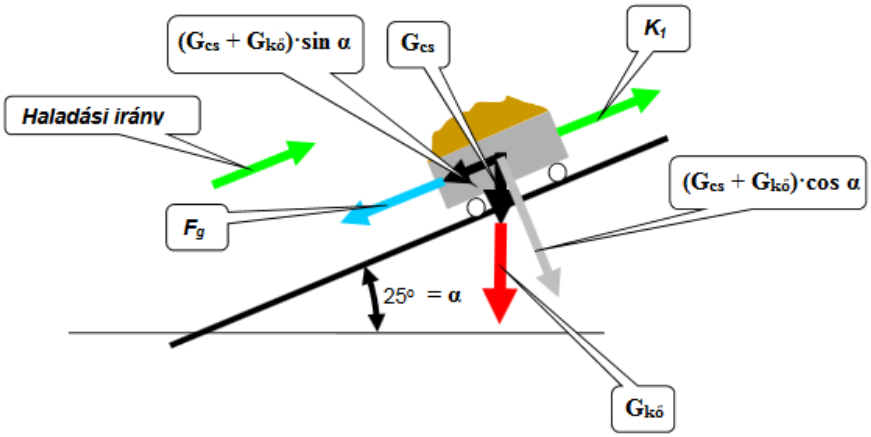
g= $10\ m/s^2$

η_{dob} = 85 %

$\eta_{hajtómű}$ = 60 %

$\underline{\eta_{motor} = 80\ \%}$

A lejtőn felfelé haladó megrakott kocsi erőjátéka a 4 ábrán látható:



4. ábra A lejtőn felfelé haladó megrakott kocsi erőjátéka

$$G = m \cdot g$$

$$G_{cs} = m_{cs} \cdot g = 500kg \cdot 10\frac{m}{s^2} = 5000N$$

$$G_{kő} = m_{kő} \cdot g = 1000kg \cdot 10\frac{m}{s^2} = 10000N$$

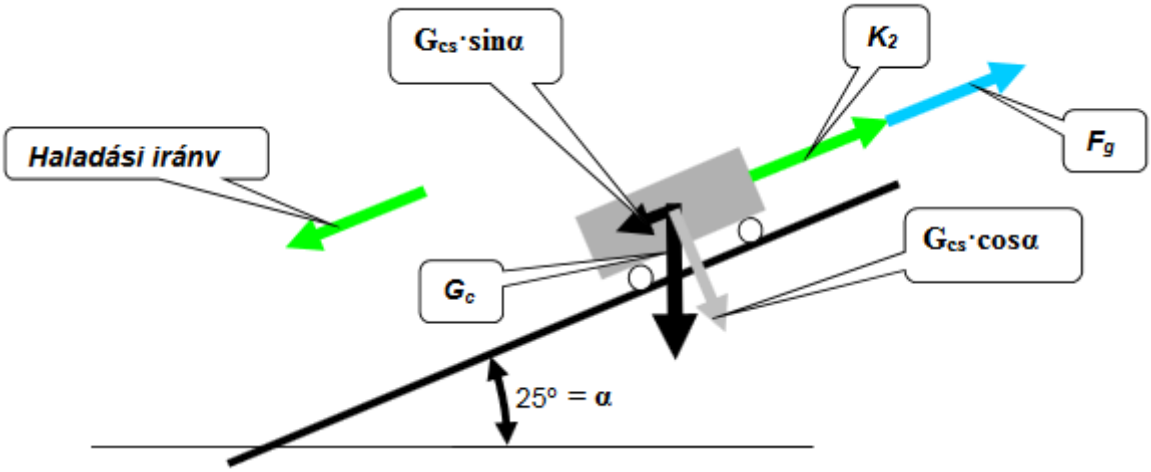
A 4 ábra jelölését alkalmazva a $\mathbf{K_1}$ kötélerő:

$$K_1 = (G_{cs} + G_{kő}) \cdot sin\alpha + F_g = (G_{cs} + G_{kő}) \cdot sin\alpha + (G_{cs} + G_{kő}) \cdot cos\alpha =$$

$$= (G_{cs} + G_{kő}) \cdot (sin\alpha + \mu_g \cdot cos\alpha) =$$

$$= (5000 + 10000) \cdot (\sin 25^o + 0{,}02 \cdot \cos 25^o) = \underline{6611N}$$

A terheletlen kocsi erőjátéka az 5 ábrán látható.



5. ábra A lejtőn lefelé haladó terheletlen kocsi erőjátéka

A K_2 erő meghatározása:

$$K_2 + F_g = K_2 + \cdot \mu_g \cdot G_{cs} \cdot cos\alpha = G_{cs} \cdot sin\alpha \rightarrow K_2 = G_{cs} \cdot sin\alpha - \mu_g \cdot G_{cs} \cdot cos\alpha =$$

$$= G_{cs} \cdot (sin\alpha - \mu_g \cdot cos\alpha) = 5000 \cdot (\sin 25^o - 0{,}02 \cdot \cos 25^o) = \underline{2022N}$$

kerületén a két kötélerő különbségeként megjelenő kerületi erő "végez munkát":

$$F_k = K_1 - K_2 = \underline{4589N}$$

A dob tengelyét terhelő nyomaték:

$$M_{dob} = F_k \cdot \frac{d}{2} = 4589 \cdot \frac{0{,}65}{2} = \underline{1491Nm}$$

A dob szögsebessége és fordulatszáma:

$$v_{csille} = \frac{d}{2} \cdot \omega_{dob}$$

$$\omega_{dob} = \frac{v_{csille}}{\frac{d}{2}} = \frac{\frac{50}{60}}{\frac{0{,}65}{2}} = 2{,}56 \frac{1}{sec}$$

$$n_{dob} = \frac{60 \cdot \omega_{dob}}{2 \cdot \pi} = \frac{60 \cdot 2{,}56 \frac{1}{sec}}{2 \cdot \pi} = \underline{24{,}4 \frac{ford}{min}}$$

hajtómű szükséges áttétele:

$$i = \frac{n_{mot}}{n_{dob}} = \frac{1500 \frac{ford}{min}}{24{,}4 \frac{ford}{min}} \approx \underline{61{,}5}$$

hasznos teljesítmény:

$$P_h = M_{dob} \cdot \omega_{dob} = 1491 \cdot 2{,}56 \approx \underline{3871W}$$

A dob tengelyén szükséges teljesítmény:

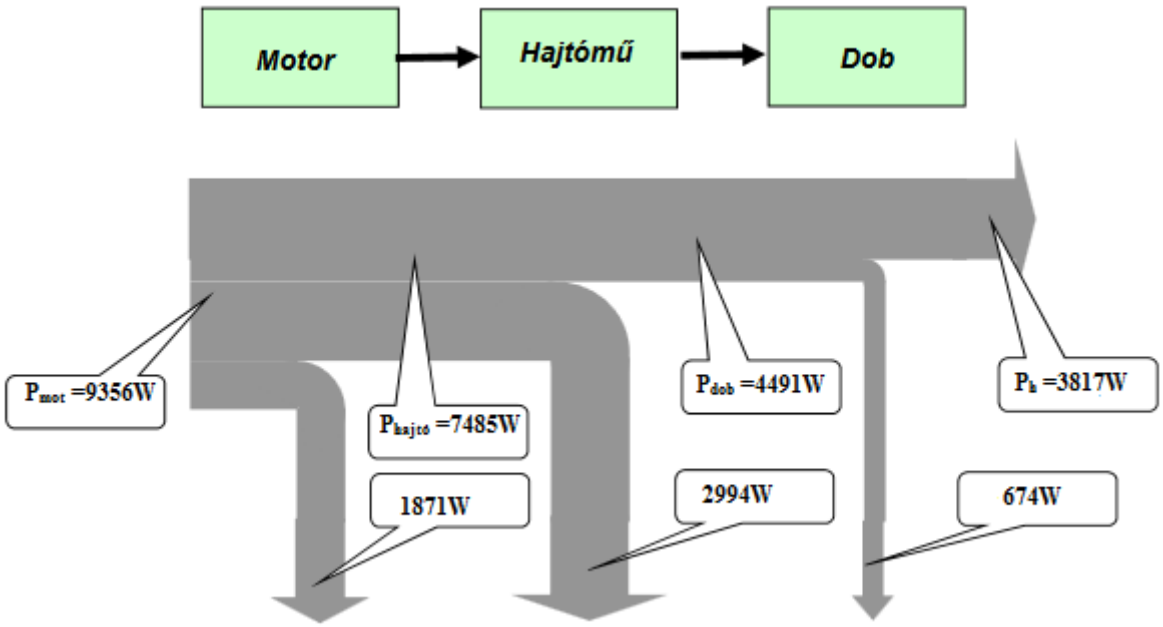
$$P_{dob} = \frac{1}{\eta_{dob}} \cdot M_{dob} \cdot \omega_{dob} = \frac{1}{0{,}85} \cdot 1491 \cdot 2{,}56 \approx \underline{4491W}$$

A hajtómű behajtó tengelyének szükséges teljesítménye:

$$P_{hajtómű} = \frac{P_{dob}}{\eta_{hajtómű}} = \frac{4491}{0{,}6} = \underline{7485W}$$

A motor teljesítménye:

$$P_{mot} = \frac{P_{hajtómű}}{\eta_{motor}} = \frac{7485}{0,8} = \underline{9365W}$$



6. ábra Energiafolyamábra a veszteségek szemléltetésével

Gépeinknek azt az üzemállapotát, amikor a működtetéshez teljesítményt kell befektetni anélkül, hogy a gép hasznos teljesítményt produkálna, **üresjárásnak** nevezzük. Veszteség ilyenkor is keletkezik, amit a terheléskor is figyelembe kell venni. Célszerű bevezetni egy olyan jellemző paramétert, amely az erőgép pillanatnyi kimenő (hasznos) teljesítményének (P_k) és a munkagép tengelyén kimenő P_1 teljesítményének (névleges) érték viszonyát (hányadosát) jellemzi. Ez a hányados a **terhelési tényező (x)**. Dimenzió nélküli puszta számként, tizedes tört formájában vagy százalékban adják meg:

$$x = \frac{P_k}{P_1}$$

2. Egy P_h=120 kW-os dízelmotor t=12 órás üzeme alatt m_{go}=280 kg gázolajat fogyaszt, amelynek futőértéke Hg_0=42 MJ/kg. Az üzemidő alatt összesen W_t=3,5 GJ munkát szolgáltat.

a) Mekkora a motor átlagos hasznos teljesítménye és terhelése (P_a=?, x =?)?

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

Megoldás:

P_h=120 kW

t=12 óra = 12·3600 = 43200 sec

m_{go}=280 kg

W_t=3,5 GJ = 3,5· 10^9 J

Hg_0=42 MJ/kg

P_a=?, x =?

e =?, $\eta_á$ =?

a) A motor átlagos hasznos teljesítménye:

$$P_a = \frac{W_t}{t} = \frac{3{,}5 \cdot 10^9 \ \text{J}}{43200 \ \text{sec}} = 81018 \ W = \underline{81\text{kW}}$$

A terhelési tényező nagysága:

$$x = \frac{P_a}{P_h} = \frac{81}{120} = 0{,}675 = \underline{67{,}5\%}$$

b) Az átlagos hatásfoka és fajlagos hőfogyasztás:

$$\eta_á = \frac{W_t}{m_{go} \cdot H_{go}} = \frac{3{,}5 \cdot 10^9 J}{280kg \cdot 42 \cdot 10^6 \frac{J}{kg}} = 0{,}297 = \underline{29{,}7\%}$$

$$e = \frac{3{,}6 \cdot 10^3}{\eta_á} = \frac{3{,}6 \cdot 10^3}{0{,}29} = \underline{12{,}41 \frac{MJ}{kW \cdot h}}$$

3. Egy P_h=90 kW-os dízelmotor a Hg_o=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 ($\eta_á$ =?)?

Az erőgépek üzemének gazdaságosságát – a hatásfok mellett – **az elfogyasztott üzemanyag mennyiségével és az ún. gazdasági hatásfokkal is jellemzik.**

A **fogyasztás** az időegység alatt eltüzelt tüzelőanyag mennyiségét (tömegét) jelenti:

$$B = \frac{m}{t} = \dot{m} \ [\text{kg/s; kg/h; Mg/h}], \quad \text{ahol}$$

m – t idő alatt elfogyasztott tüzelőanyag tömege, kg, Mg,

t - a vonatkozási idő, s, h,

$\dot{m}$ - tömegáram, kg/s, kg/h, Mg/h.

Az ún. fajlagos fogyasztás az elhasznált tüzelőanyag $\dot{m}$ tömegáramának és P_k kimenő vagy hasznos teljesítményének a hányadosa:

$$b = \frac{\dot{m}}{P_k} \left[\frac{kg}{(kW \cdot h)} \right]$$

A fajlagos hőfogyasztás:

$$e = b \cdot H \left[\frac{kJ}{(kW \cdot h)}; \frac{MJ}{(kW \cdot h)} \right], \text{ ahol}$$

H - a tüzelőanyag ún. fűtőértéke kJ/kg mértékegységgel, vagyis a tüzelőanyag 1 kg tömegének elégetésekor nyert hőenergiát jelenti munkaegységben. A fajlagos hőfogyasztás a kimenő vagy teljesítményre vonatkoztatott hőenergiát jelenti.

A gazdasági hatásfok:

$$\eta_g = \frac{P_k}{P_b} = \frac{1}{P_b / P_h} = \frac{1}{\dot{m} / P_k} = \frac{1}{b}, \text{ mivel}$$

$$P_b = \dot{m} \cdot h \text{ alakban is felírható.}$$

Ebbe a képletben a teljesítmény-hőteljesítmény egyenértéke 1-re rendezett alakját kell írni, így dimenzió nélküli szám adódik a hatásfokra, az értelmezésnek megfelelően.

$$1kW = 3{,}6 \cdot 10^3 kJ/h, \text{ vagyis } 1 = 3{,}6 \cdot 10^3 kJ/kW \cdot h$$

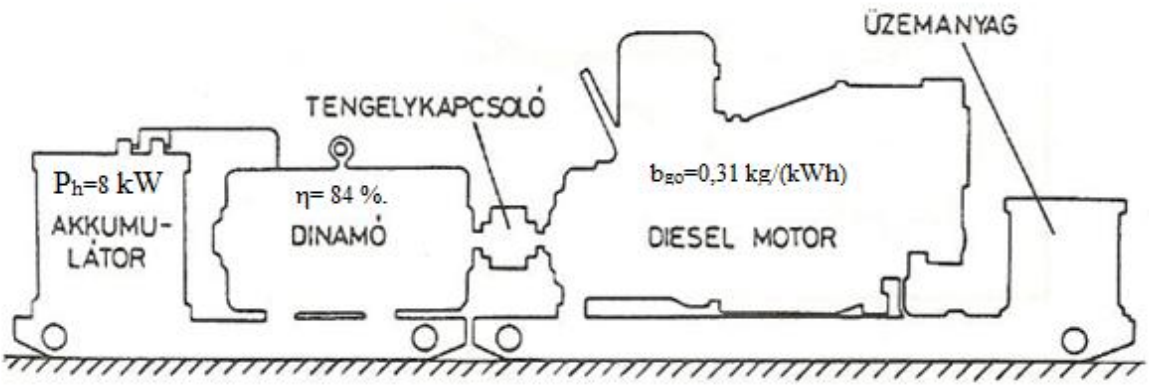
Ezzel a gazdasági hatásfok használható képlete:

$$\eta_g = \frac{3{,}6 \cdot 10^3 kJ/kW \cdot h}{e \left[kJ/(kW \cdot h) \right]}$$

4. Az áramfejlesztő telepre kapcsolt akkumulátor töltéséhez Ph=8 kW teljesítmény szükséges. Az akkumulátort töltő dinamó hatásfoka η= 84 %. A dinamót bgo=0,31 kg/(kW·h) fajlagos fogyasztású dízelmotor hajtja. A gázolaj futőértéke Hgo=38 MJ/kg. A gépcsoport vázlata a 7. ábrán látható. A hajtómű veszteségei elhanyagolhatók.

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

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



7. ábra Áramfejlesztő telepre kapcsolt akkumulátor töltése

Megoldás:

P_h=8 kW

η= 84 %.

b_{go}=0,31 kg/(kW·h)

H_{go}=38 MJ/kg

η_{gcs}=?

B_{24}=?

a) A dízelmotor fajlagos hőfogyaszása:

$$e = \frac{1}{\eta_m} = b_{go} \cdot H_{go}$$

A motor hatásfoka:

$$\eta_m = \frac{1}{b_{go} \cdot H_{go}} = \frac{1}{0{,}31\,\frac{\text{kg}}{\text{kW}\cdot\text{h}} \cdot \frac{38\,\frac{\text{MJ}}{\text{kg}}}{3{,}6\,\frac{\text{MJ}}{\text{kW}\cdot\text{h}}}} = 0{,}3066 = \underline{30{,}66\%}$$

H_{go} fűtőértéket $3{,}6\,\frac{\text{MJ}}{\text{kW}\cdot\text{h}}$ váltószámmal kell átváltani, hogy hatásfok számításnál az adatok megfelelő mértékegységben legyenek.

A gépcsoport összhatásfoka:

$$\eta_{gcs} = \eta \cdot \eta_m = 0{,}84 \cdot 0{,}3066 = 0{,}257 = \underline{25{,}7\%}$$

b) A gépcsoport 24 óra alatti fogyasztása.

Fajlagos fogyasztás és ebből az óránkénti fogyasztás η= 84 %. hatásfok mellett :

$$b_{go} = \frac{B}{P_h} \rightarrow B = b_{go} \cdot P_h \cdot \frac{1}{\eta} = 0{,}31 \frac{kg}{kW \cdot h} \cdot 8\ kW \cdot \frac{1}{0{,}84} = \underline{2{,}95 \frac{kg}{h}}$$

A gépcsoport 24 óra alatti fogyasztása:

$$B_{24} = B \cdot t = 2{,}95 \frac{kg}{h} \cdot 24h = \underline{70{,}86kg}$$

5. Egy P_{hv}=7 kW hasznos teljesítményű ventilátort dízelmotor hajt. A ventilátor hatásfoka η_v=78 %. A dízelmotor üzemanyag fogyasztása B_{go}=2,6 kg/h, H_{go}= 43000 kJ/kg fűtő értékű gázolaj.

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

b) Mekkora a motor fajlagos hőfogyasztása (e=?)?

c) Mennyi a motor (η_{mot}=?) és a gépcsoport hatásfoka (η_{gcs}=?)?

<u>Megoldás:</u>

P_h=7 kW

η_v=78 %.

B_{go}=2,6 kg/h

<u>H_{go}= 43000 kJ/kg</u>

b_{go}=?, e=?, η_m=? η_{gcs}=?

a) A motor fajlagos gázolaj fogyasztása:

$$P_{hmot} = \frac{P_{hv}}{\eta_v} = \frac{7kW}{0{,}78} = \underline{8{,}975kW}$$

$$b_{go} = \frac{B}{P_{hmot}} = \frac{2{,}6 \frac{kg}{h}}{8{,}975kW} = \underline{0{,}29 \frac{kg}{kW \cdot h}}$$

b) A motor fajlagos hőfogyasztása:

$$e = b_{go} \cdot H_{go} = 0{,}29 \frac{kg}{kW \cdot h} \cdot 43 \frac{MJ}{kg} = \underline{12{,}46 \frac{MJ}{kW \cdot h}}$$

c) A motor hatásfoka:

$$\eta_{mot} = \frac{P_{hmot}}{P_{bef}} = \frac{P_{hmot}}{\frac{H_{go} \cdot B_{go}}{3600}} = \frac{8{,}975kW}{\frac{43000 \frac{kJ}{kg} \cdot 2{,}6 \frac{kg}{h}}{3600}} = 0.29 = \underline{29\%}$$

A gépcsoport hatásfoka:

$$\eta_{gcs=}\eta_v \cdot \eta_{mot} = 0{,}78 \cdot 0{,}29 = 0{,}226 = \underline{22{,}6\%}$$

6. 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 (e =?), ha a benzin fűtőértéke H_b=42 MJ/kg?

c) Mekkora a motor hatásfoka (η_g=?)?

<u>Megoldás:</u>

P_h=22 kW

m_b=8 kg

s=100 km

v=80 km/h

<u>H_b=42 MJ/kg</u>

b_b=?, e =?, η=?

a) A motor fajlagos üzemanyag-fogyasztása:

$$B_b = \frac{m_b}{t} = \frac{m_b \cdot v}{s} = \frac{8kg \cdot 80\frac{km}{h}}{100\ km} = \underline{6{,}4\frac{kg}{h}}$$

$$b_b = \frac{B_b}{P_h} = \frac{6{,}4\frac{kg}{h}}{22kW} = \underline{0{,}291\frac{kg}{kW \cdot h}}$$

b) A motor a fajlagos hőfogyasztása:

$$e = B_b \cdot H_b = 0{,}291\frac{kg}{kW \cdot h} \cdot 42\ \frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{kg}} = \underline{12{,}2\frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{kW \cdot h}}}$$

c) A motor hatásfoka:

$$\eta_g = \frac{3{,}6 \cdot 10^3\frac{kJ}{kW \cdot h}}{e} = \frac{3{,}6 \cdot 10^3\frac{kJ}{kW \cdot h}}{12{,}2 \cdot 10^3\frac{kJ}{kW \cdot h}} = 0{,}295 = \underline{29{,}5\%}$$

7. A személygépkocsi v=100 km/h sebességnél V=10 liter (dm^3) he,n/int fogyaszt s=100 km-ként. A kocsi teljesítménye ilyenkor P_h=33,l kW, a benzin fűtőértéke H_b=4,19.10^4 kJ/kg. A benzin sűrűsége:ρ_b = 1kg/dm^3.

a) Mennyi a kocsi fajlagos hőfogyasztása (e=?)

b) Mekkora a kocsi gazdasági hatásfoka (η_g=?)?

Megoldás:

v=100 km/h

V=10 liter (dm^3)

s=100 km

P_h=33,l kW

H_b=4,19.10^4 kJ/kg.

ρ_b = 1kg/dm^3

e=?, η_g=?

a) A kocsi fajlagos hőfogyasztása:

$$\rho_b = \frac{m_b}{V} \rightarrow m_b = \rho_b \cdot V = 1000\frac{kg}{m^3} \cdot 0{,}01m^3 = 10kg$$

$$B_b = \frac{m_b}{t} = \frac{m_b \cdot s}{v} = \frac{10kg \cdot 100\frac{km}{h}}{100km} = 10\frac{kg}{h}$$

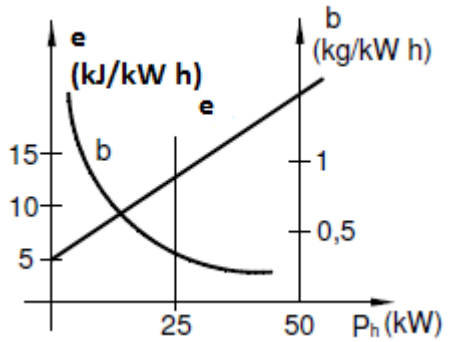
$$b_b = \frac{B_b}{P_h} = \frac{10\frac{kg}{h}}{33{,}1kW} = 0{,}321\frac{kg}{kW \cdot h}$$

$$e = b_b \cdot H_b = 0{,}321\frac{kg}{kW \cdot h} \cdot 4{,}2 \cdot 10^4\frac{kJ}{kg} = 12688\frac{kJ}{kW \cdot h} = \underline{12{,}69\frac{MJ}{kW \cdot h}}$$

b) A kocsi gazdasági hatásfoka:

$$\eta_g = \frac{3{,}6 \cdot 10^3\frac{kJ}{kW \cdot h}}{e} = \frac{3{,}6 \cdot 10^3\frac{kJ}{kW \cdot h}}{12688\frac{kJ}{kW \cdot h}} = 0{,}284 = \underline{28{,}4\%}$$

8. A 8. ábra egy P_n=50 kW teljesítményű benzinmotor üzemanyag fogyasztásának görbéjét ábrázolja. Az óránkénti fogyasztás teljes terhelésnél (x=l) B_b=17 kg/h. A benzin futőértéke H_b=41 MJ/kg.



8. ábra Benzinmotor üzemanyag fogyasztásának görbéje

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 ($b_{0,5}$=?)

9. 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=?)?

Megoldás:

P_h=7,5 kW

F=400 N

s=100 km

η= 20%,

H_b=4,3.10^7 J/kg

ρ_b =0,8 kg/dm^3

v=?, V=?

a) A haladási sebesség:

$$P_h = F \cdot v \rightarrow v = \frac{P_h}{F} = \frac{7500W}{400N} = 18{,}75\frac{m}{s} = \underline{67{,}5\frac{km}{h}}$$

b) A gépkocsi fogyasztása:

$$e = \frac{3{,}6 \cdot 10^3 \frac{kJ}{kW \cdot h}}{\eta_g} = \frac{3{,}6 \cdot \frac{MJ}{kW \cdot h}}{0{,}2} = 18 \frac{MJ}{kW \cdot h}$$

$$b_b = \frac{e}{H_b} = \frac{18 \frac{MJ}{kW \cdot h}}{43 \frac{MJ}{kg}} = 0{,}418 \frac{kg}{kW \cdot h}$$

$$B_b = P_h \cdot b_b = 7{,}7 kW \cdot 0{,}418 \frac{kg}{kW \cdot h} = 3{,}135 \frac{kg}{h}$$

$$V = \frac{B \cdot s}{\rho_b \cdot v} = \frac{3{,}135 \frac{kg}{h} \cdot 100 km}{0{,}8 \frac{kg}{dm^3} \cdot 67{,}5 \frac{km}{h}} = 5{,}8 dm^3 = \underline{5{,}8 l}$$

10. Egy P_h=180 MW 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 (e=?)?

b) Mennyi az erőmű átlagos hatásfoka (η_a=?)?

<u>Megoldás:</u>

P_h=180 MW
m_{sz}=1400 Mg
H_{sz}=46 MJ/kg
<u>t=24 h</u>
b_{sz}=?, e=?, η_a=?
a) Az erőmű fajlagos fogyasztása és fajlagos hőfogyasztása:

$$B = \frac{m_{sz}}{t} = \frac{1400 \cdot 10^3 kg}{24h} = 53333 \frac{kg}{h}$$

$$b_{sz} = \frac{B}{P_h} = \frac{53333 \frac{kg}{h}}{180 \cdot 10^3 kW} = \underline{0{,}324 \frac{kg}{kW \cdot h}}$$

$$e = b_{sz} \cdot H_{sz} = 0{,}324 \frac{kg}{kW \cdot h} \cdot 4{,}6 \cdot 10^4 \frac{kJ}{kg} = 14908 \frac{kJ}{kW \cdot h} = \underline{14{,}908 \frac{MJ}{kW \cdot h}}$$

b) Az erőmű átlagos hatásfoka:

$$\eta_g = \frac{3{,}6 \cdot 10^3 \frac{kJ}{kW \cdot h}}{e} = \frac{3{,}6 \cdot 10^3 \frac{kJ}{kW \cdot h}}{14908 \frac{kJ}{kW \cdot h}} = 0{,}241 = \underline{24{,}1\%}$$

11. Egy földgázmotor villamos generátort hajt, melynek hatásfoka η_g=96%. A motor fogyasztása V=0,4 m^3 , $H_{gáz}$ = 31 MJ/m^3 fűtőértékű gáz 1 kW·h villamosenergia-termelés esetén.

a) Mekkora a gépcsoport fajlagos hőfogyasztása (e_{gcs}=?)?

b) Mekkora a motor fajlagos hőfogyasztása (e_{mot}=?)?

c) Mennyi a motor hatásfoka (η_{mot}=?)?

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

<u>Megoldás:</u>

η_g=96%.
V=0,4 m^3

$b = 0{,}4 \frac{m^3}{kW \cdot h}$
<u>$H_{gáz}$ = 31 MJ/m^3</u>
e_{gcs}=?, e_{mot}=?, η_{mot}=?, η_{gcs}=?

a) A gépcsoport fajlagos hőfogyasztása:

$$e_{gcs} = b \cdot H_{gáz} = 0{,}4 \frac{m^3}{kW \cdot h} \cdot 31 \frac{MJ}{m^3} = \underline{12{,}4 \frac{MJ}{kW \cdot h}}$$

b) A motor fajlagos hőfogyasztása:

$$e_{mot} = e_{gcs} \cdot \eta_g = 12{,}4 \frac{MJ}{kW \cdot h} \cdot 0{,}96 = \underline{11{,}9 \frac{MJ}{kW \cdot h}} \cdot$$

c) A motor hatásfoka:

$$\eta_{gmot} = \frac{3{,}6 \cdot 10^3 \frac{kJ}{kW \cdot h}}{e_{mot}} = \frac{3{,}6 \cdot 10^3 \frac{MJ}{kW \cdot h}}{11{,}9 \frac{MJ}{kW \cdot h}} = 0{,}302 = \underline{30{,}2\%}$$

d) A gépcsoport hatásfoka:

$$\eta_{gcs} = \eta_g \cdot \eta_{mot} = 0{,}96 \cdot 0{,}302 = 0{,}29 = \underline{29\%}$$

12. Egy villamos erőmű egyévi energiatermelése Wh=1750 GW.h. Az évi szénfogyasztása m_{sz}=2,1 Mt szén. A szén futőértéke H_{sz}=13,4 MJ/kg.

Mennyi az erőmű évi hatásfoka ($\eta_é$=?)?

Megoldás:

Wh=1750 GW·h.
m_{sz}=2,1 Mt
H_{sz}=13,4 MJ/kg.
$\eta_é$=?
A bevezetett energia:

$$W_b = m_{sz} \cdot H_{sz} = 2{,}1 \cdot 10^9 kg \cdot 13{,}4 \cdot 10^6 \frac{J}{kg} = 28{,}14 PJ = 28{,}14 \cdot 10^{15} J$$

Hasznosított energia:

$$W_h = 1{,}75 \cdot 10^{12} W \cdot h \cdot 3{,}6 \cdot 10^3 \frac{J}{W \cdot h} = 6{,}3 \cdot 10^{15} J = 6{,}3 PJ$$

Az erőmű éves hatásfoka:

$$\eta_é = \frac{W_h}{W_b} = \frac{6{,}3 \cdot 10^{15} J}{28{,}14 \cdot 10^{15}} = 0{,}224 = \underline{22{,}4\%}$$

3. LENDÍTŐKERÉK

A **tehetetlenségi nyomaték** J (SI egysége a kg m²), a tömeggel analóg mennyiség forgómozgásnál. Vagyis a tehetetlenségi nyomaték a forgást végző merev test forgási tehetetlensége. A **redukálás** azt jelenti, hogy a forgó tömeget helyettesítik a kerület egyik pontjába koncentrált olyan tömeggel, amelynek mozgási energiája egyenlő a teljes tömeg mozgási energiájával.A tehetelenségi nyomaték: $J = m_{red} \cdot r^2$.

A forgó gépalkatrészek tehetetlenségi nyomatékainak meghatározására gyors, közelítő módszer is áll rendelkezésre, az

$$m_{red} = \lambda \cdot \mathrm{m}$$

összefüggés felhasználásával, ahol a kerület környezetébe történő redukálás esetén az ún. **redukálási tényező** $\lambda \leq 1$ **vehető fel; teli korong esetében** $\lambda = 0{,}5$**, papírvékonyságú gyűrűre pedig (amikor a kerületre redukált tömeg maga a teljes tömeg)** $\lambda = 1$**.** Ezeket figyelembe véve, külső tárcsákra (ami a gépészeti gyakorlatban leginkább előfordul) célszerűen $\lambda \approx 0{,}7 \ldots 0{,}8$ értékre vehető fel, amellyel a kerületre redukált tömeg számítható.

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

Megoldás:

D =600 mm, r = D/2

m=220 kg

λ=0,8

J=?

A kerületre redukált tömeg:

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

A tehetetlenségi nyomaték:

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

14. 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 (ε_l=?)?

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

c) Hány fordulatot tesz meg a forgórész a megállásáig (i=?)?

Megoldás:

J=132 kg·m^2

n=750/min

M_f =310 N.m

ε_l=?, t_l=?, i=?

a) A fékező nyomaték meghatározása:

$$M_f = J \cdot \varepsilon_l$$

A szöglassúlás értéke:

$$\varepsilon_l = \frac{M_f}{J} = \frac{310\ Nm}{132 \cdot kgm^2} = 2{,}35 \frac{1}{s^2}$$

b) A szögsebesség értéke:

$$\omega_1 = \frac{2\pi \cdot n}{60} = \frac{2\pi \cdot 750 \cdot \frac{1}{min}}{60} = 78{,}5 \frac{1}{sec}$$

a forgórész megáll a szögsebesség értéke

$$\omega_2 = 0\frac{1}{sec}$$

A szöglassúlás értelmezése:

$$\varepsilon_l = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_l} \rightarrow t_l = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\varepsilon_l} = \frac{0 - 78{,}5\frac{1}{sec}}{-2{,}35\frac{1}{sec^2}} = 33{,}4sec$$

szögelfordulás:

$$\varphi = 2\pi \cdot i$$

$$\varphi = \frac{\omega_1 \cdot t_l}{2}$$

$$2\pi \cdot i = \frac{\omega_1 \cdot t_l}{2}$$

A megállásig megtett körbefordulások száma:

$$i = \frac{\omega_1 \cdot t_l}{2 \cdot 2\pi} = \frac{78{,}5\frac{1}{sec} \cdot 33{,}4sec}{4 \cdot \pi} \approx 209$$

15. 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=?)? A csapsúrlódási nyomaték M_S=l,35 N.m.

<u>Megoldás:</u>

J=13,2 kg.m^2

n=600/min

P=0,8 kW

<u>M_S=l,35 N.m.</u>

t=?

A szögsebesség nagysága:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} = \frac{2\pi \cdot 600\frac{1}{min}}{60} = 62{,}8\frac{1}{sec}$$

A teljesítmény nagysága:

$$P = F \cdot v = F \cdot r \cdot \omega = M_o \cdot \omega$$

A gyorsításnál ébredő összes nyomaték:

$$M_o = \frac{P}{\omega} = \frac{800W}{62{,}8\frac{1}{sec}} = 12{,}74$$

$m$nyomaték értéke a surlódási nyomatékkal csökken:

$$M_1 = M_o - M_S = J \cdot \varepsilon = J \cdot \frac{\omega}{t} \rightarrow t = \frac{J \cdot \omega}{M_o - M_S}$$

A gyorsítás ideje:

$$t = \frac{J \cdot \omega}{M_o - M_S} = \frac{13{,}2kg \cdot m^2}{12{,}74Nm - 1{,}35Nm} = 73s$$

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

a) Mekkora a mozgási energiája (E_m=?)?

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

17. Egy motor lendítőkerekének tehetetlenségi nyomatéka J=0,5 kg.m^2.

a) Mekkora a mozgási energiája n=90 s^{-1} fordulatszámon (E_m=?)?

b) Mekkora nyomaték gyorsítja fel erre a fordulatszámra t=10 s alatt (M_d=?)?

<u>Megoldás:</u>

J=0,5 kg.m^2

n=90 s^{-1}

<u>t=10 s</u>

E_m=?, M_d=?

a) A szögsebesség:

$$\omega = 2\pi \cdot n = 2\pi \cdot 90sec^{-1} = 565{,}2sec^{-1}$$

Mozgási energia:

$$E_m = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}5kg \cdot m^2 \cdot \omega 565{,}2^2 = \underline{79863J}$$

b) A szöggyorsulás:

$$\varepsilon = \frac{\omega}{t} = \frac{565{,}2sec^{-1}}{10sec} = 56{,}52sec^{-2}$$

A gyorsító nyomaték:

$$M_d = J \cdot \varepsilon = 0{,}5kgm^2 \cdot 56{,}52sec^{-2} = \underline{28{,}26Nm}$$

18. Egy négyhengeres, négyütemű dízelmotor lendítőkerekének tehetetlenségi nyomatéka J=l,65 kg.m^2.

a) Mekkora a szöggyorsulás (ε =?)?

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

c) Mekkora a mozgási energia (E_m=?)?

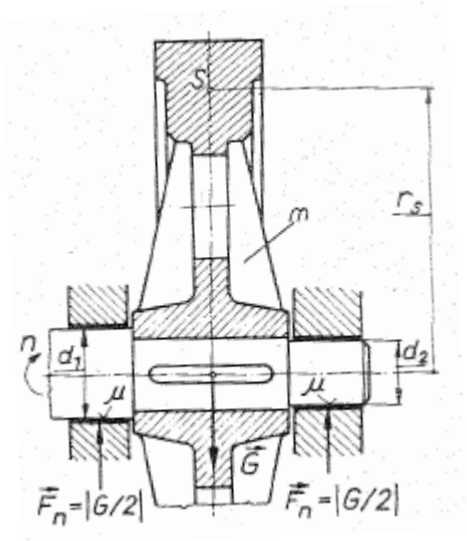
19.A tömör tárcsa alakú lendítőkerék d=240 mm átmérőjű tengelye két helyen szimmetrikusan van csapágyazva. A D=2,5 m átmérőjű lendítőkerék tömege m=6000 kg. A csapágyakban a súrlódási tényező μ=0,04.

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=?)?

20. A 9. ábrán látható lendítőkerék tömege m=10 Mg, a koszorúszelvény S súlypontján átmenő kör sugara a forgástengelytől r_s = l,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, redukálási tényező λ=0,7. Mennyi a lendítőkerék körülfordulásainak száma a megállásig (i=?)?



9. ábra Lendítőkerék

<u>Megoldás:</u>

m=10 Mg = 10^4 kg

r_s = l,5 m

$d_m = (d_1+d_2)/2$ = 150 mm

R= d_m /2 = 75 mm

n=250 min^{-1}

μ=0,03

<u>λ=0,7</u>

i=?

A lendítőkerék tehetetlenségi nyomatéka a forgástengelyre:

$$J_S = m_{red} \cdot r_S^2 = \lambda \cdot m \cdot r_S^2 = 0{,}7 \cdot 10^4 kg \cdot 1{,}5^2 m^2 = 1{,}575 \cdot 10^4 \cdot kgm^2$$

A szögsebesség szabad kifutás esetén:

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

Tengelycsapoknál ébredő surlódási erő:

$$F_s = 2 \cdot \mu \cdot F_n = 2 \cdot \mu \cdot \frac{mg}{2} = 2 \cdot 0{,}03 \cdot \frac{1}{2} \cdot 10^4 kg \cdot 10m \cdot s^{-2} = \underline{3000N}$$

Az ébredő ellennyomaték:

$$M_s = R \cdot F_S = \frac{d_m}{2} \cdot F_S = 0{,}075m \cdot 3000N = \underline{225Nm}$$

A lassító nyomaték munkája a mozgási energia csökkenésével egyenlő.

$$E_m = \frac{J_s \cdot \omega^2}{2} = \frac{1{,}575 \cdot 10^4 \cdot kgm^2 \cdot 26{,}2^2 \cdot sec^{-2}}{2} = \underline{5{,}406 \cdot 10^6\ J}$$

A szögelfordulás:

$$\varphi = i \cdot 2\pi$$

A lasító nyomaték:

$$M_s = \frac{E_m}{\varphi} = \frac{\frac{J_s \cdot \omega^2}{2}}{i \cdot 2\pi}$$

A körülfodulások száma:

$$i = \frac{J_s \cdot \omega^2}{4\pi \cdot M_s} = \frac{1{,}575 \cdot 10^4 \cdot kgm^2 \cdot 26{,}2^2 \cdot sec^{-2}}{4\pi \cdot 225Nm} = \underline{3826}$$

21. 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} =?)?

<u>Megoldás:</u>

J=31 kg.m^2

n=1200/min

M_S=6 N.m

<u>i=500</u>

M_{ai} =?

A szögsebesség nagysága:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} = \frac{2\pi \cdot 1200\frac{1}{min}}{60} = 125{,}6\frac{1}{sec}$$

A szögelfordulás nagysága:

$$\varphi = i \cdot 2\pi = 500 \cdot 2\pi = 3142rad$$

A mozgási energia növekedése gyorsító munkával egyenlő.

$$W = E_m = \frac{J_s \cdot \omega^2}{2} = \frac{31kgm^2 \cdot 125{,}6^2 sec^{-2}}{2} = 2{,},45 \cdot 10^5 J$$

A forgómozgás gyorsító munkája:

$$W = M_o \cdot \varphi \rightarrow M_o = \frac{W}{\varphi} = \frac{2{,}45 \cdot 10^5 J}{3142rad} = \underline{77{,}8Nm}$$

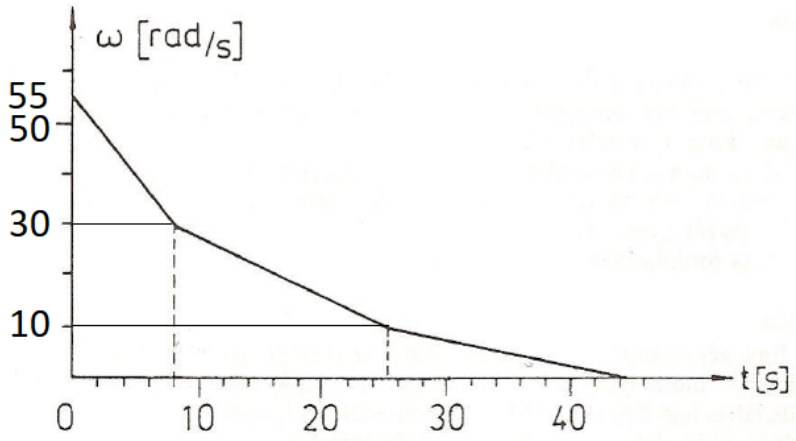
Az indító nyomaték nagysága:

$$M_{ai} = M_o + M_S = 77{,}8Nm + 6Nm = \underline{83{,}8Nm}$$

22. Egy gépcsoport forgó részeinek szögsebessége a megállási szakaszban a 10. ábrán látható diagram szerint csökken. A forgó részek tehetetlenségi nyomatéka120 kgm^2.

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

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



10. ábra Szögsebesség-idő diagram

<u>Megoldás:</u>

J=120kg.m^2

M_{f1}=?; M_{f2}=?; M_{f3}=?

i_1=?; i_2=?; i_3=?

a) A fékező nyomaték meghatározása:

$$M_f = J \cdot \varepsilon_1$$

A szöglassúlás értelmezése:

$$\varepsilon_1 = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_1} = \frac{30\frac{rad}{sec} - 55\frac{rad}{sec}}{8\ sec} = -3{,}125\frac{rad}{sec^2}$$

$$M_{f1} = J \cdot \varepsilon_1 = 120\ kgm^2 \cdot \left(-3{,}125\frac{rad}{sec^2}\right) = \underline{375Nm}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\omega_3 - \omega_2}{t_2} = \frac{10\frac{rad}{sec} - 30\frac{rad}{sec}}{17\ sec} = -1{,}18\frac{rad}{sec^2}$$

$$M_{f2} = J \cdot \varepsilon_2 = 120\ kgm^2 \cdot \left(-1{,}18\frac{rad}{sec^2}\right) = \underline{141{,}6Nm}$$

$$\varepsilon_3 = \frac{\omega_4 - \omega_3}{t_3} = \frac{0\frac{rad}{sec} - 10\frac{rad}{sec}}{19\ sec} = -0{,}526\frac{rad}{sec^2}$$

$$M_{f3} = J \cdot \varepsilon_3 = 120\ kgm^2 \cdot \left(-0{,}526\frac{rad}{sec^2}\right) = \underline{63{,}12Nm}$$

b) A fordulatok száma a gép az egyes szakaszaiban

A szögelfordulás:

$$\varphi = 2\pi \cdot i$$

$$\varphi = \frac{(\omega_2 + \omega_1) \cdot t_1}{2}$$

$$2\pi \cdot i = \frac{(\omega_2 + \omega_1) \cdot t_1}{2}$$

A megállásig megtett körbefordulások száma az első szakaszban

$$i_1 = \frac{(\omega_2 + \omega_1) \cdot t_1}{2 \cdot 2\pi} = \frac{\left(30\frac{rad}{sec} + 55\frac{rad}{sec}\right) \cdot 8sec}{4 \cdot \pi} \approx \underline{54}$$

$$i_2 = \frac{(\omega_3 + \omega_2) \cdot t_2}{2 \cdot 2\pi} = \frac{\left(10\frac{rad}{sec} + 30\frac{rad}{sec}\right) \cdot 17sec}{4 \cdot \pi} \approx \underline{27}$$

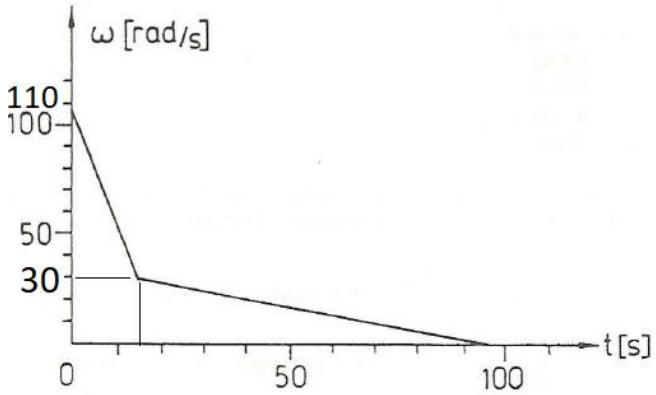
$$i_3 = \frac{(\omega_4 + \omega_3) \cdot t_3}{2 \cdot 2\pi} = \frac{\left(10\frac{rad}{sec} + 30\frac{rad}{sec}\right) \cdot 19sec}{4 \cdot \pi} \approx \underline{15}$$

23. Egy gépcsoport forgó részének tehetetlenségi nyomatéka 8,5 kgm^2. A fordulatszám 1000/min. A megállási szakasz elején a csapsúrlódási nyomatékon kívül fékező nyomaték is hat a forgó részre. A szögsebesség ezalatt a 11. ábra szerint csökken.

a) Mekkora a csapsúrlódási nyomaték (M_S=?)?

b) Mekkora a külső fékező nyomaték (M_f=?)?

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



11. ábra Szögsebesség változás idő függvényében

4. ENERGIAÁTVITEL FOLYADÉKOKBAN

4.1 Hidrosztatika

A Hidrosztatika a nyugalomban lévő folyadékoknak a szilárd testekre, felületekre gyakorolt hatásával foglalkozik. Tárgyalja a nyugalomban lévő folyadékok nyomásviszonyait, vizsgálja a folyadékba merülő testre ható erőket, foglalkozik az úszó testek vizsgálatával. A nyomást megkapjuk, ha a **felületre merőlegesen ható nyomóerőt (F) elosztjuk a nyomott felülettel (A)**, vagyis a nyomás az egységnyi felületen ható nyomóerőt jelenti.

$$p = \frac{F}{A} \quad [Pa] = \left[\frac{N}{m^2}\right]$$

A – az a felület, amelyen az **F** erő megosztva hat.

A pascal viszonylag kis egység, ezért gyakran használják a prefixumokkal képzett többszörösét (kPa, MPa). További törvényes, nem SI-egység a bar.

$$1\text{bar} = 100000\text{Pa} = 100\text{kPa} = 0{,}1\text{MPa}$$

A hidrosztatikus nyomás értéke független a folyadékoszlop keresztmetszetétől és az edény alakjától is. Nagyságát a folyadékoszlop (függőleges) magassága (h) és a folyadék sűrűsége (ρ) egyértelműen meghatározza.

A folyadék felszínén nincs nyomás, a felszíntől mért **h** mélységben a nyomás:

$$p = \rho \cdot g \cdot h \quad [Pa]$$

A tényleges nyomás, ha a külső nyomás p_0 a felszíntől mért **h** mélységben a nyomás

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h \; [Pa]$$

Pascal-törvény

Zárt térben lévő folyadékban vagy gázban a külső erő okozta nyomás minden irányban gyengítetlenül tovaterjed (pl. hidraulikus emelők). Ez Pascal törvénye.

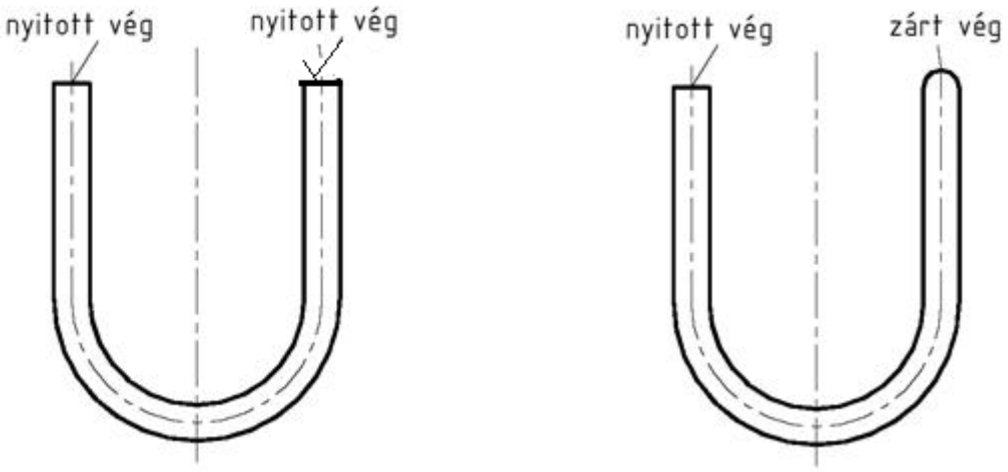
Higanyos barométer

Súlyánál fogva a légkör a benne levő testekre nyomást fejt ki. A légköri nyomás mérésére a legegyszerűbb eszköz a higanyos barométer. A légnyomást ezzel az eszközzel először **Torricelli** olasz fizikus mérte meg 1643-ban. Kb. 1m hosszú, egyik végén zárt üvegcsövet színültig töltünk higannyal, majd a cső végét befogva, lefelé fordítva, higanyt tartalmazó edénybe állítjuk. Ha a befogott véget szabaddá tesszük, a higany csak részben folyik ki. A higany a csőben kb. 760 mm-el magasabban áll meg, mint a külső edényben lévő higany felszíne, ha a kísérletet a tenger szintjének közelében végezzük el. A tenger szintjén a normál

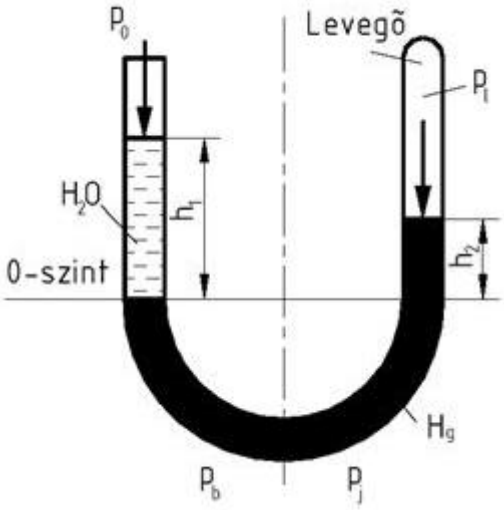
légköri nyomás p_0 = 101 400 Pa, ρ_{Hg} = 13 600 kg/m^3 és g = 9,81 m/s^2, így a barométerben a higanyszál magassága h = 0,76 m = 760 mm.

U-cső, mint manométer

A legegyszerűbb **folyadékoszlopos nyomásmérő** eszköz az **U-cső**. Működése a hidrosztatikai egyensúly elvén alapszik. A gyakorlatban kétféle kialakításával találkozhatunk. A gyakrabban használt változatnál mindkét szár nyitott, illetve másik változatnál csak az egyik szár nyitott (12. ábra).



12. ábra U alakú mérőcsővek



13. ábra U-cső nyomásegyensúlya

Írjuk fel az U-cső nyomásegyensúlyát (13 ábra). Első lépésként a vonatkoztatási szintet kell felvennünk (0-szint, ahol a két különböző sűrűségű folyadék találkozik). A folyadékok határfelületein keresztül nem szabad a hidrosztatika alapegyenletét alkalmazni, hiszen akkor a sűrűség ugrásszerűen megváltozik, tehát nem állandó. A határfelületeken segédpontokat kell felvenni, ahol a nyomások azonosságát kell feltételezni

Az U-cső nyomásegyensúlya miatt a bal- és jobboldali ágában a nyomások azonosak: $p_b = p_j$

Egyensúlyi egyenlet a 0-szintre felírva:

$$p_0 + \rho_{víz} \cdot g \cdot h_1 = p_l + \rho_{Hg} \cdot g \cdot h_2$$

A levegő nyomása a jobboldali zárt ágban:

$$p_l = p_0 + \rho_{víz} \cdot g \cdot h_1 - \rho_{Hg} \cdot g \cdot h_2$$

ahol: p_0 a légköri nyomás, amelynek közepes értéke 10^5 Pa.

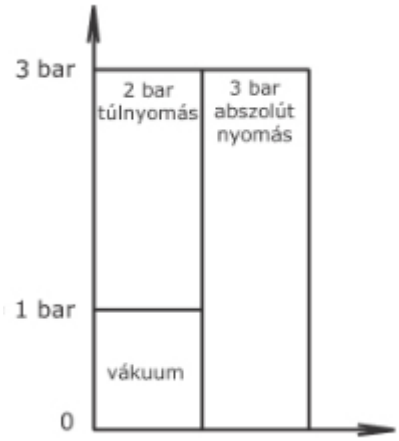
A **túlnyomás** a normál légköri nyomás fölötti értéket mutatja. Az **abszolút nyomás** értékébe a **légköri nyomást** is beleszámítjuk, tehát az **abszolút nyomást** 0 Pa-tól számoljuk.

abszolút nyomás = túlnyomás + légköri nyomás.

A **túlnyomás** és a **vákuum** elnevezés arra utal, hogy a nyomás **nagyobb** vagy **kisebb**, mint a **légköri nyomás.**

A nyomás mértékegységére a **bar** elnevezés használata is általánosan elterjedt.

1 bar = 100.000 Pa = 0,1 MPa = 0,1 N/mm^2



Jelölések összefoglalása

- $p_{(a)}$: abszolút nyomás
- $p_{(t)}$: túlnyomás
- $-p_{(t)}$: vákuum

14. ábra Nyomások értelmezése

24. Egy légtartályban a külső légköri nyomáshoz viszonyított 78%-os vákuum van. A barométerállás 765 Hgmm. Mennyi az abszolút nyomás (p_a) és a túlnyomás (p_t) a tartályban?

Megoldás

h = 765 mm

ρ_{Hg} = 13 600 kg/m^3

v = 78%

(p_a =?)?, (p_t =?)?

A légköri nyomás értéke:

$$p_0 = \rho_{Hg} \cdot g \cdot h = 13600 \frac{kg}{m^3} \cdot 10 \cdot 0{,}765m = 102\ 000Pa = 102\ kPa$$

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

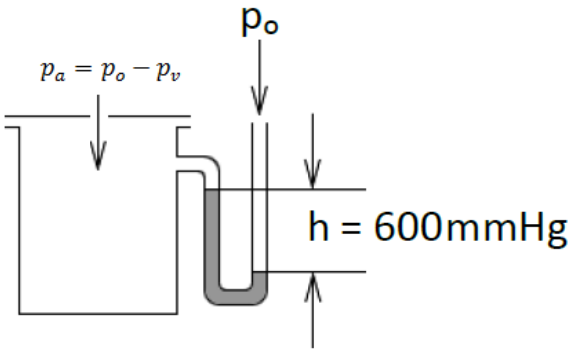
Az abszolút p_a nyomás a fenti értelmezés szerint a következő:

$$p_a = p_0 - v \cdot p_0 = p_0 \cdot (1 - v) = 102\ kPa \cdot (1 - 0{,}78) = 22{,}4\ kPa$$

A p_t túlnyomás értéke:

$$p_t = p_a - p_0 = 22{,}4\ kPa - 102\ kPa = \underline{-79{,}6\ kPa}$$

25. Egy edényben (15 ábra) a légköri nyomásnál kisebb nyomás van. A h = 600 mmHg. A légköri nyomás 740 mmHg. Mekkora az edényben uralkodó abszolút nyomás Pa-ban és bar-ban? Hány százalékos a vákuum? (1mmHg = 133,3 Pa; 1 bar = 10^5 Pa)



15. ábra Vákuum az edényben

Megoldás

p_v = 600 mmHg

p_0 = 740 mmHg

Az edényben maradó nyomás vákuum esetén:

$$p_a = p_0 - p_v = 740\ mmHg\ - 600\ mmHg = 140\ mmHg =$$

$$= 140 mmHg\ \cdot 133{,}3\ Pa = 18662\ Pa \sim 0{,}187\ \cdot\ 10^5 = 0{,}187\ bar$$

A légköri nyomás:

$$p_0 = 740\ mmHg\ \cdot 133{,}3\ Pa = 98642\ Pa \sim 0{,}986\ \cdot\ 10^5 = 0{,}986\ bar$$

A légköri (atmoszférikius) nyomás

$$0{,}986\ - 0{,}187 = 0{,}799\ bar - ral\ csökkent.$$

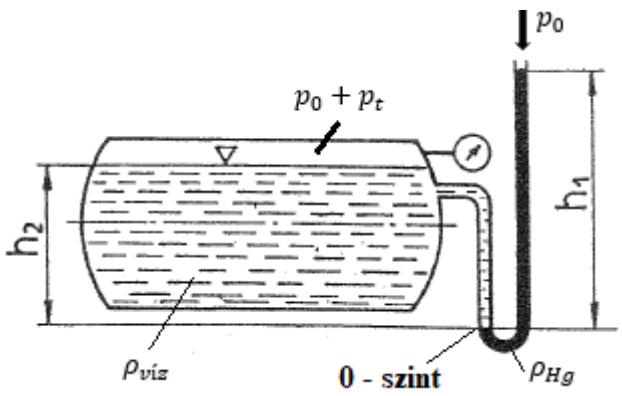
Ez a nyomás hiányzik a légköri nyomásból.

0,986 bar	100%-os vákuum lenne
0,799 bar	x% -os vákuum

A vákuum százalékos értéke:

$$x = \frac{0{,}799\ \cdot 100}{0{,}986} = \underline{81\%}$$

26. A 16. 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}=13 600 kg/m^3 Mekkora a kazán terében uralkodó túlnyomás (p_t = ?)?.



16. ábra Kazánban uralkodó túlnyomás

Megoldás

h_1=1650 mm

h_2=850 mm

ρ_{Hg}=13 600 kg/m^3

p_t = ?

A „0” – szintre felírt bal és jobb oldali nyomások egyensúlya a következő:

A bal oldali ág hidrosztatikai nyomása „0” szintre:

$$(p_0 + p_t) + h_2 \cdot \rho_{víz} \cdot g$$

ahol az abszolút nyomás

$$p_a = p_0 + p_t$$

A jobb oldali ág hidrosztatikai nyomása „0” szintre:

$$p_0 + h_1 \cdot \rho_{Hg} \cdot g$$

A nyomás egyenlő a két szárban:

$$(p_0 + p_t) + h_2 \cdot \rho_{víz} \cdot g = p_0 + h_1 \cdot \rho_{Hg} \cdot g$$

rendezve az egyenletett

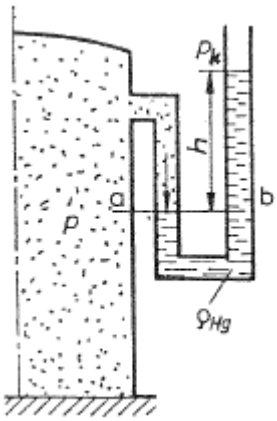
$$p_t = g \cdot (h_1 \cdot \rho_{Hg} - h_2 \cdot \rho_{víz}) = 10\frac{m}{sec^2}\left(1{,}65\ m \cdot 13\ 600\frac{kg}{m^3} - 0{,}85m \cdot 1000\frac{kg}{m^3}\right) =$$

$$= 216000\ Pa = \underline{216kPa}$$

27. A 17. ábra egy légtartályhoz kapcsolt folyadékoszlopos nyomásmérőt ábrázol, amelynek mérőfolyadéka ρ_{Hg}=13,6 Mg/rn^3 sűrűségű higany. Az U-cső két szintje között h=l,25 m magasságkülönbség van.

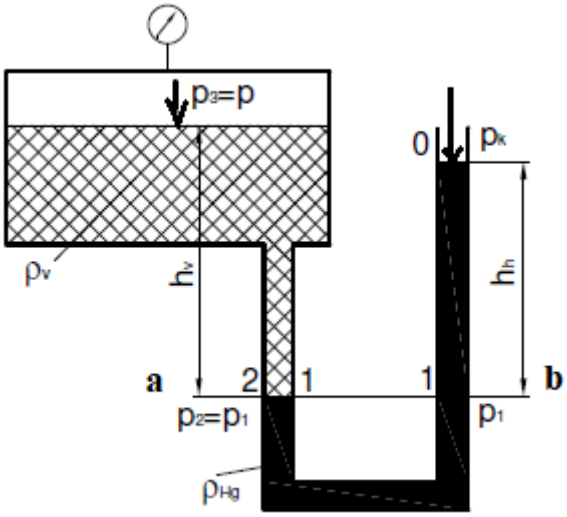
a) Mekkora a légtartályban uralkodó túlnyomás (p_t = ?)?

b) Mennyire kell meghosszabbítani az U-cső nyitott (külső) szárát, ha higany helyett $\rho_{víz}$ =1 Mg/m^3 sűrűségű vizet használunk (h_1=?)?



17. ábra Légtartályban uralkodó nyomás mérése

28. A 18. ábra jelöléseivel a kazánhoz kapcsolt U-cső egyik szárában a ρ_{Hg}=13,6 Mg/rn^3 sűrűségű higany oszlopmagassága h_h=l,83 m-rel magasabb, mint a másik szárban, amelynek higanytükrét a túlnyomáson kívül h_v=2,4 m magas, p_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=?)?



18. ábra Kazánban uralkodó nyomás meghatározása

Megoldás

ρ_{Hg}=13,6 Mg/rn^3 = 13,6·10^3 kg/m^3

p_v=0,98 Mg/m^3 = 0,98·10^3 kg/m^3

h_h=l,83 m

h_v=2,4 m

p=?

A kazánban uralkodó teljes nyomást abból a feltételből számítjuk, hogy az U-cső **„ab”** szintjén mindkét szárban ugyanakkora nyomás van ($p_1 = p_2$).

A p_2 nyomás a következőképpen lehet felírni:

$$p_2 = p + h_v \cdot \rho_v \cdot g \cdot$$

A p_1 nyomás a következőképpen lehet felírni:

$$p_1 = p_k + h_h \cdot \rho_{Hg} \cdot g \;\; ahol \;\; p_k = h_b \cdot \rho_{Hg} \cdot g$$

Az egyenletek összevonásával

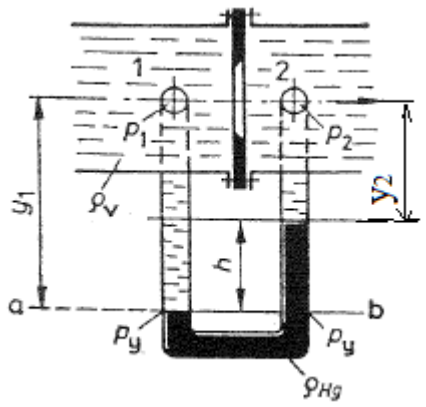
$$p + h_v \cdot \rho_v \cdot g = (h_b + h_h) \cdot \rho_{Hg} \cdot g$$

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

$$= (0{,}77 + 1{,}8)m \cdot 13{,}6 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3} \cdot 10 \cdot \frac{m}{sec^2} - 2{,}4m \cdot 0{,}98 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3} \cdot 10 \cdot \frac{m}{sec^2} =$$

$$= 326000Pa = \underline{326kPa}$$

29. A 19. ábrán látható cső 1 és 2 pontjához kapcsolt differenciál-nyomásmérő mindkét szárát - a higany fölött - p_v=l Mg/m^3 sűrűségű víz tölti ki. A ρ_{Hg}=13,6 Mg/rn^3 sűrűségű mérőfolyadék szintjei között az U-cső szárában h=220 mm magasságkülönbséget olvasunk le. Mennyi a nyomáskülönbség ($\Delta p = p_1 - p_2$?)?

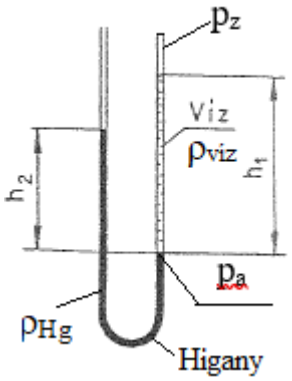


19. ábra Differenciál nyomásmérő

30. U alakú, egyik végén nyitott, másik végén zárt üvegcsőben levegő, víz és higany helyezkedik el a 20. 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 ρ_{Hg}=13,6 Mg/rn^3 a víz sűrűsége p_v =1000 kg/m^3.

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

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

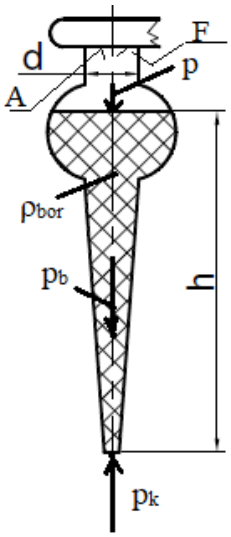


20. ábra U alakú cső

31. A 21. ábrán látható lopóban ρ_{bor}=900 kg/m^3 sűrűségű bor van. A légköri nyomást tekintsük p_k = 100kPa-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=?)?



21. ábra Borlopóban uralkodó nyomás

<u>Megoldás</u>

ρ_{bor}=900 kg/rn^3

p_k=100 kPa = 1·10^5 Pa

h = 600 mm =0,6 m

<u>d=15 mm</u>

p=?; F=?

a) A lopó légterében uralkodó nyomás:

$$p_k = p + p_b \rightarrow \quad p = p_k - p_b = p_k - \rho_{bor} \cdot g \cdot h = 10^5 Pa - 900\frac{kg}{m^3} \cdot 10\frac{m}{sec^2} \cdot 0{,}6m =$$

$$= 94600Pa = \underline{94{,}6kPa}$$

A nyílást lezáró újra ható erő nagysága:

A nyílást lezáró ujj felülete:

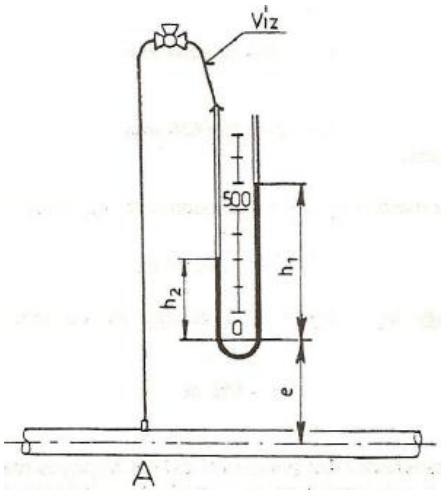
$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{0{,}015^2 \cdot \pi}{4} = 1{,}767 \cdot 10^{-4} m^2$$

Az újjra ható erő nagysága:

$$F = (p_k - p) \cdot A = 0,(100000Pa - 94600Pa) \cdot 1{,}767 \cdot 10^{-4} m^2 = \underline{0{,}954N}$$

32. Vízszintes csővezetékben víz áramlik. A csővezeték A pontjára a 22. ábra szerint skálával felszerelt U csöves higanyos manométert kötünk. A manométer 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.



22. ábra U csöves higanyos manométert csővezetékre szerelve

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=?)?

Megoldás

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 22. 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. A manométer egyensúlyi egyenletét a skála 0 szintjére, vagy a legalsó közegváltási szintre (itt a 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 ágban elhelyezkedő mérőfolyadék nyugalomban maradna. E nyugalom mérés közben is fennáll, jogos tehát az a feltevés, hogy e szintekre mindkét oldalon ugyanakkora nyomás nehezedik. Ezek egyenlőségét kifejező összefüggés a manométer egyensúlyi egyenlete. Az egyensúlyi egyenlet felírásánál mindkét oldalon a vizsgált szintől legtávolabb eső helyről indulunk. A baloldali ágban tehát 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 a manométer baloldali

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.

Az egyensúlyi egyenlet:

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

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

$$\frac{h_1 + h_2}{2} = e_0 = 0{,}45\ m$$

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

$$150000Pa - (0{,}51\ m + h_2\ ) \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81 \frac{m}{sec^2} =$$

$$= 98000Pa + (h_1 - h_2\ ) \cdot 13600\ \frac{kg}{m^3}\ \cdot 9{,}81\ \frac{m}{sec^2}$$

Az egyenletek megoldásával a kapott eredmények:

$$h_2 = 0{,}284\ m = 284\ mm,$$

$$h_1 = 0{,}616\ m = 616\ mm$$

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

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

$$150000Pa - h_2 \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81 \frac{m}{sec^2} = 98000Pa + (h_1 - h_2) \cdot 13600 \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81 \frac{m}{sec^2}$$

felhasználva a mérőfolyadék szimmetrikus elmozdulására felírt összefüggést

$$h_2 = 0{,}264\ m = \underline{264\ mm},$$

$$h_1 = 0{,}636\ m = \underline{636\ mm}$$

c) Ebben az esetben $h_1 - h_2 = 0$, a manométer egyensúlyi helyzete

$$p_A - (e + h_2) \cdot \rho_{víz} \cdot g = p_k$$

Tudjuk, hogy $h_1 = h_2 = 0{,}45$ m

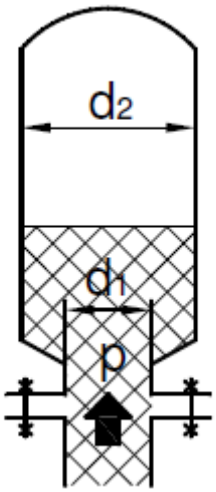
$$p_A - (e + h_2) \cdot \rho_{víz} \cdot g = p_k$$

$$150000Pa - (e + 0{,}45m) \cdot 1000\frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81\frac{m}{sec^2} = 980000Pa$$

egyismeretlenes egyenlet megoldása:

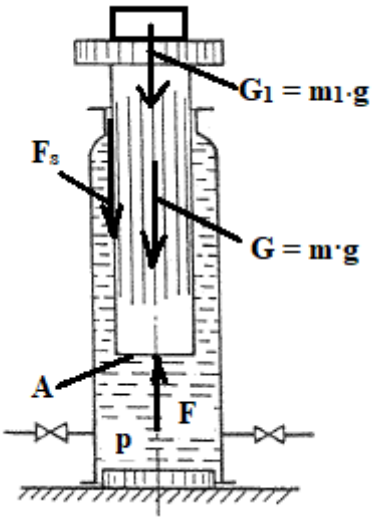
$$e = 4{,}85\ m = \underline{485\ mm}$$

33. A 23. 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=l,5 MPa terheli. Mekkora erő próbálja leemelni a nyomólégüstöt a csőperemről (F=?)?



23. ábra Nyomólégüst

34 A 24. 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 =?).



24. ábra Víznyomásos dugattyús emelő

Megoldás

$\rho_{víz}$=1000 kg/rn^3

p=25 bar = $25 \cdot 10^5$ Pa

D=200 mm

m=1300 kg

g = 9,81 m/sec^2

F_s=5000 N

m_t=?

A dugattyú felület:

$$A = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} = \frac{0{,}2^2 \cdot \pi}{4} = 0{,}0314 m^2$$

A nyomásból a dugattyú aljára ható F erő nagysága:

$$p = \frac{F}{A} \quad \rightarrow \quad F = p \cdot A = 25 \cdot 10^5 Pa \cdot 0{,}0314 m^2 = \underline{78500 N}$$

$$G = m \cdot g = 1300 kg \cdot 9{,}81 \frac{m}{sec^2} = 12753 N$$

Az emelő erő nagysága az egyensúly alapján:

$$F_e = F - G - F_s = 78500N - 12753N - 5000N = \underline{60747N}$$

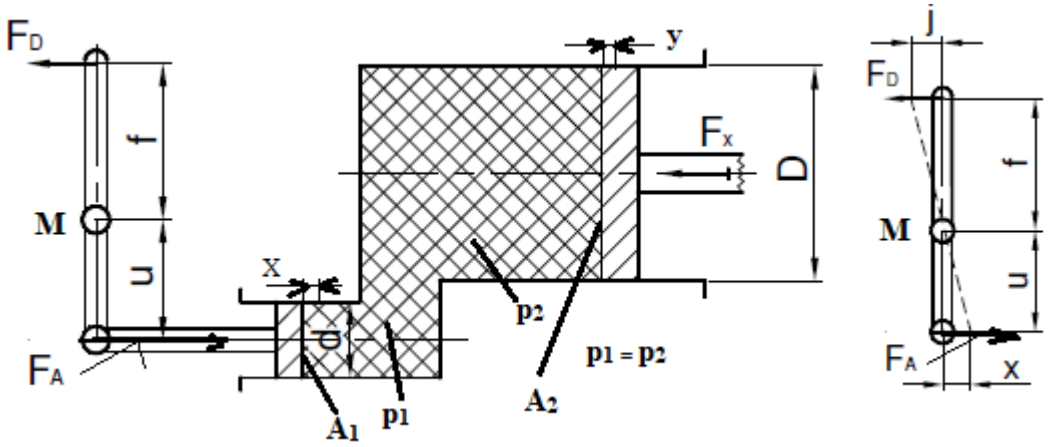
Emelhető teher nagysága:

$$F_e = m_1 \cdot g \quad \rightarrow \quad m_1 = \frac{F_e}{g} = \frac{60747N}{9{,}81\,\frac{m}{sec^2}} = \underline{6193kg}$$

35. Az 25. 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 kívülről 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 (y=?)?



25. ábra Hidraulikus dugattyús emelő

<u>Megoldás</u>

F_D = 450 N

f = 200 mm

u = 50 mm

d= 40 mm

D = 200 mm

<u>j=10 mm</u>

F_D =?; y=?

a) A csuklós rudazat M pontjára nyomaték felírása és ebből az F_A erő meghatározása:

$$F_A \cdot u = F_D \cdot f \quad \rightarrow \quad F_A = \frac{F_D \cdot f}{u} = \frac{450N \cdot 0{,}2m}{0{,}05m} = \underline{1800N}$$

A p_1 nyomás meghatározása:

$$p_1 = \frac{F_A}{A_1} = \frac{F_A}{\frac{d^2 \cdot \pi}{4}} = \frac{1800N}{\frac{0{,}04^2 m^2 \cdot \pi}{4}} = \underline{1{,}432 \cdot 10^6 Pa}$$

mivel:

$$p_1 = p_2$$

A rendszer nyugalomba maradáshoz szükséges erő nagysága

$$F_x = p_2 \cdot A_2 = p_2 \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} = 1{,}432 \cdot 10^6 Pa \cdot \frac{0{,}2^2 \cdot \pi \cdot m^2}{4} = \underline{45000N}$$

b) A D pont elmozdulása az A pontnál x elmozdulást okoz:

$$\frac{f}{u} = \frac{j}{x} \quad \rightarrow \quad x = \frac{j \cdot u}{f} = \frac{10mm \cdot 50mm}{200mm} = 2{,}5\ mm$$

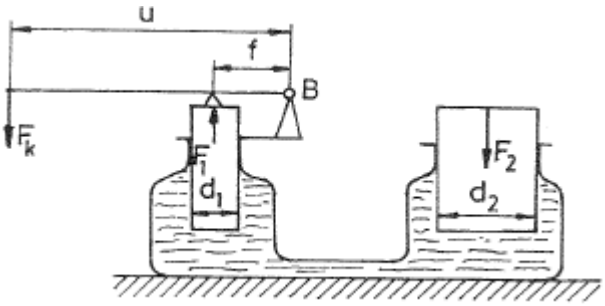
$$\Delta V_1 = \Delta V_2$$

$$A_1 \cdot x = A_2 \cdot y$$

$$\frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot x = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot y$$

$$d^2 \cdot x = D^2 \cdot y \quad \rightarrow \quad y = \frac{d^2 \cdot x}{D^2} = \frac{(40\ mm)^2 \cdot 2{,}5mm}{(200mm)^2} = \underline{0{,}1mm}$$

36. A 26. 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.



26. ábra Kézi működtetésű hidraulikus emlő

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

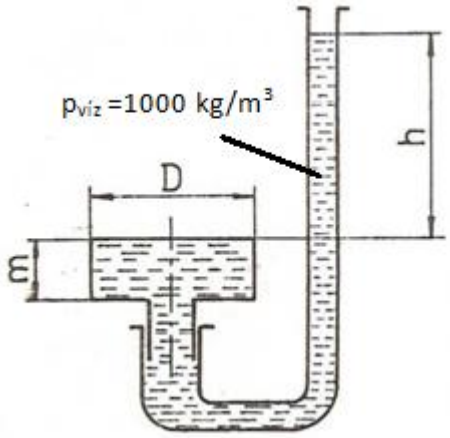
b) Számítsa ki a munkahenger dugattyúját egyensúlyban tartó erőt (F_2=?)?

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

37. A 27. ábra szerinti üreges, alul nyitott, D = 2 m átmérőjű és m = 0,8 m magasságú dugattyú egy U alakú cső rövidebb, 60 cm átmérőjű szárában elmozdulhat. A dugattyú falvastagságát és súlyát figyelmen kívül hagyjuk. $p_{víz}$ =1000 kg/m^3

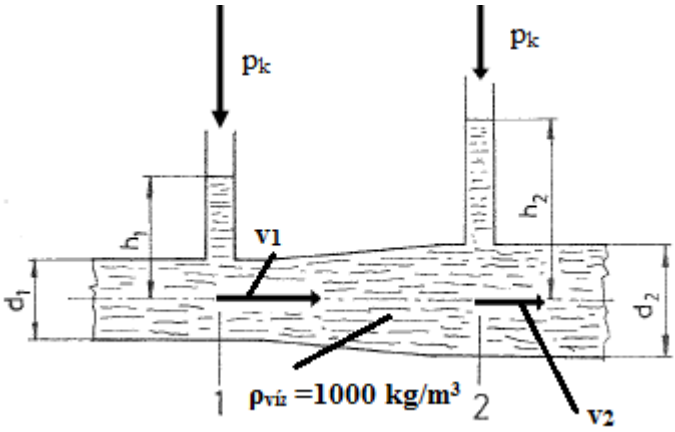
a) A h = 2,5 m magas vízoszlop hatására mekkora erő fogja a dugattyút elmozdítani, és milyen irányban?

b) Milyen összefüggésnek kell fennállnia a főmértek és a h vízoszlop magasság között ahhoz, hogy a dugattyú egyensúlyban legyen



27. ábra Dugattyú beépítés

38. A 28. 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?



28. ábra Áramló víz a csőben

Megoldás

d_1=60 mm

d_2=100 mm

v_1=3 m/s

h_1=0,5 m

$\rho_{víz}$ =1000 kg/m^3

h_2= ?

Az 1 és 2 pontra felírt hidrosztatikus nyomások

$$p_1 = p_k + \rho_{víz} \cdot g \cdot h_1 \rightarrow p_2 = p_k + \rho_{víz} \cdot g \cdot h_2$$

A Bernoulli egyenlet felírása az 1 és 2 pontokra: Ez vontkoztatási egyenes is.

$$p_1 + 0 + \frac{\rho_{víz} \cdot v_1^2}{2} = p_2 + 0 + \frac{\rho_{víz} \cdot v_2^2}{2}$$

$$p_2 = p_1 + \frac{\rho_{víz}}{2}(v_1^2 - v_2^2)$$

A 2 pontban a v_2 sebesség nagysága

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

$$\frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot v_1 = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot v_2$$

$$d^2 \cdot v_1 = D^2 \cdot v_2 \quad \rightarrow \quad v_2 = \frac{d^2 \cdot v_1}{D^2} = \frac{(60\ mm)^2 \cdot 3\frac{m}{sec}}{(100mm)^2} = \underline{1{,}08\frac{m}{sec}}$$

$$p_k + \rho_{víz} \cdot g \cdot h_2 = p_k + \rho_{víz} \cdot g \cdot h_1 + \frac{\rho_{víz}}{2}(v_1^2 - v_2^2)$$

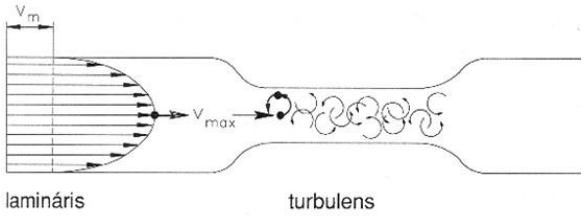
Az egyenletet rendezve a h_2 értéke:

$$h_2 = h_1 + \frac{(v_1^2 - v_2^2)}{2 \cdot g} = 0{,}5m + \frac{(3^2 - 1{,}08^2)\frac{m^2}{sec^2}}{2 \cdot 9{,}81\frac{m}{sec^2}} = \underline{0{,}89m}$$

4.2 Hidrodinamika

A **hidrodinamika** a hidromechanika részeként a folyadékok mozgásával, áramlásával foglalkozó tudomány. A hidrodinamika törvényszerűségei, módszerei a gázok áramlására is alkalmazhatók.

A **lamináris áramlásban** az egymás mellett különböző sebességgel áramló folyadékrétegek egymással nem keverednek a közeg rétegesen áramlik. A **turbulens (örvénylő) áramlásban** a bevezetett festékszál az alapáramlásra szuperponálódó rendezetlen mozgás eredményeképpen a folyadéktérben egyenletesen szétoszlik, a részecskék nem rendezetten mozognak. (29. ábra)



29. ábra Lamináris és turbulen áramlás

Azt, hogy az áramlás képe lamináris-e vagy turbulens, a dimenzió nélküli **Reynolds-szám** dönti el., mely a tehetetlenségi erők és a viszkozus erők, vagyis a közeg belső surlódása közötti viszonyszám.

$$Re = \frac{vl}{\nu} = \frac{\rho v l}{\eta}$$

ahol

a közeg sűrűsége [kg/m^3],

az áramlási sebesség [m/s],

=egy jellemző hosszméret [m], azaz a csőszakasz belső átmérője

= a kinematikai viszkozitás [m²/s],

a dinamikai viszkozitás [Pa·s vagy N·s/m^2 vagy kg/m·s].

A tapasztalatok szerint csövekben (átmérővel számolva) **<u>lamináris áramlás</u>** (réteges áramlás) **Re<2320** tartományban alakul ki, **Re>2320** esetén az áramlás **<u>turbulens</u>,** ez utóbbi esetben az áramlási ellenállás ugrásszerűen megnő. Azt a Reynolds-számot, melynél a turbulens áramlás kialakul, **kritikus Reynolds-szám**nak nevezik.

Ha az **áramlás stacionárius** (egyenletes, örvénymentes és lüktetés nélküli, azaz lamináris), és az energiaveszteségeket elhanyagolják, az **energia megmaradásának törvénye** a következőképpen fogalmazható:

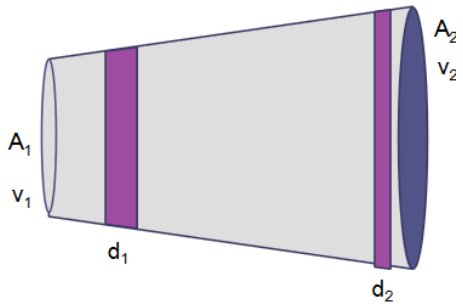
$$e = e_n + e_p + e_v = \rho \cdot g \cdot h + p + \rho \cdot \frac{v^2}{2}, \text{ azaz}$$

A stacionáriusan áramló folyadékban **egy kiválasztott áramvonal mentén**, a folyadék fajlagos összenergiája állandó, ez a **Bernoulli-féle energiaegyenlettel írható fel**

$$\rho \cdot g \cdot h_1 + p_1 + \rho \cdot \frac{v_1^2}{2} = \rho \cdot g \cdot h_2 + p_2 + \rho \cdot \frac{v_2^2}{2} = \text{konst.}$$

<u>A folytonossági (kontinuitási) tétel.</u>

A folyadékok összenyomhatatlanok, így áramlás erőssge minden időben és helyen állandó. A változó keresztmetszetű csőben az áramló folyadék térfogatárama állandó. Az áramlási sebesség (v) fordítva arányos a cső keresztmetszetével (A). A kisebb átmérőjű (keresztmetszetű) csőben az áramlás sebessége nagyobb. így tud az adott térfogatú folyadék azonos idő alatt átáramlani.



30. ábra Venturi cső

$$q = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 = ... = A_n \cdot v_n = \text{konst.}$$

A kontinuitási tétel és a Bernoulli-egyenlet együttes alkalmazása az ún. **Venturi csőben** tanulmányozható. A víz térfogatmérésére használt Venturi cső első része a csővezetékhez csatlakozó szűkülő csőtoldat (konfúzor), ehhez a csővezeték eredeti átmérőjére bővülő csőtoldat (diffúzor) kapcsolódik.

A valóságos folyadék áramlása nem veszteségmentes. Súrlódási erő hat mind a csőfal és a folyadék között, mind az egyes folyadékrészecskék között, ha közöttük bármely okból sebességkülönbség van. Ezen kívül ún. leválási veszteségek lépnek fel a csőidomokban, csőszerelvényekben.

A súrlódási veszteséget kifejező fajlagos munkát az áramlás irányában felírt Bernoulli-egyenlet jobb oldalára, a kettes indexű tagok mellé írják, így

$\rho \cdot g \cdot h_1 + p_1 + \rho \cdot \frac{v_1^2}{2} = \rho \cdot g \cdot h_2 + p_2 + \frac{v_2^2}{2} + \Delta p'$, vagyis az árammal 1 pontbeli fajlagos összenergiája egyenlő a 2 pontbeli fajlagos összenergia és a $\Delta p'$ nyomásveszteség összegével.

Ez a nyomásveszteség magában foglalja a súrlódási és a leválási veszteségeket is.

A **nyomásveszteség:**

$$\Delta p' = \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2}, \text{ azaz}$$

a nyomásveszteség arányos a fajlagos mozgási energiával, ahol az **arányossági tényező** (veszteségtényező) egyenes, állandó keresztmetszetű csővezetékre:

$$\xi = \lambda \cdot \frac{l}{d}, ahol$$

λ - csősúrlódási tényező,

l - a cső hossza,

d - a cső átmérője.

39. 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=?)?

<u>Megoldás</u>

d_1=30 mm

d_2=20 mm

v_1=4 m/s

$\rho_{víz}$=1000 kg/rn^3

<u>p_1=100 kPa = $1 \cdot 10^5$ Pa</u>

v_2=?; p_2=?

a) A folytonossági tétel alapján a keresztmetszeteken időben azonos mennyiségű víz áramlik át

$$q_1 = q_2$$

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \quad \rightarrow \quad \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} \cdot v_1 = \frac{d_2^2 \cdot \pi}{4} \cdot v_2 \quad \rightarrow$$

$$v_2 = \frac{d_1^2}{d_2^2} \cdot v_1 = \frac{0{,}03^2 m^2}{0{,}02^2 m^2} \cdot 4 \frac{m}{sec} = \underline{9 \frac{m}{sec}}$$

b) Az egy egyenesbe eső 1-es és 2- keresztmetszetekben a Bernoulli egyenlet

$$p_1 + 0 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} = p_2 + 0 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2}$$

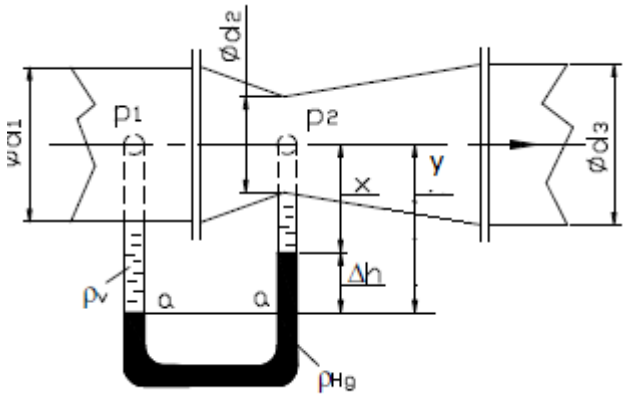
$$p_2 = p_1 + \left(\frac{\rho \cdot v_1^2}{2} - \frac{\rho \cdot v_2^2}{2}\right) = p_1 + \frac{\rho}{2} \cdot (v_1^2 - v_2^2) = 1 \cdot 10^5 Pa + \frac{1000 \frac{kg}{m^3}}{2}(4^2 - 9^2) =$$

$$= \underline{67{,}5 \cdot kPa}$$

40. A d_1=25 mm belső átmérőjű, kerti locsolótömlőben p=3,5 bar túlnyomású víz áramlik (31. 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=?)?

31. ábra Locsolócső végének kialakítása

41. A Venturi-csövet víz térfogatáramának mérésére is használhatjuk, differenciál manométer beépítésével (32. ábra). A csőátmérő d_1=d_3=200 mm, a szűkített keresztmetszet átmérője d_2=100 mm, a manométer higany szintjének különbsége Δh =300 mm. (ρ_{Hg}=13600 kg/rn^3). Mennyi a csővezetékben átfolyó víz térfogatárama (q=?)?



32. ábra Venturi csőben áramló folyadék nyomáskülönbsége

Megoldás

d_1=d_3 =200 mm

d_2=100 mm

Δh=300 mm

$\rho_{víz}$=1000 kg/rn^3

ρ_{Hg}=13600 kg/rn^3

q=?

Az U alakú differenciál manométe száraiban ébredő nyomás a Q-Q szintre:

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

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

$$p_1 + \rho_{víz} \cdot \frac{v_1^2}{2} = p_2 + \rho_{víz} \cdot \frac{v_2^2}{2} \rightarrow \quad \Delta p = p_1 - p_2 = \frac{\rho_{víz}}{2}(v_2^2 - v_1^2)$$

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \quad \rightarrow \quad v_2 = \frac{d_1^2}{d_2^2} \cdot v_1$$

Az egyenleteket rendezve:

$$\Delta h \cdot g \cdot \frac{\rho_{Hg} - \rho_{víz}}{\rho_{víz}} = \frac{v_1^2}{2}\left[\left(\frac{d_1^4}{d_2^4}\right) - 1\right]$$

Az előző egyenletből a v_1 sebesség

$$v_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h \cdot \frac{\rho_{Hg} - \rho_{víz}}{\rho_{víz}}}$$

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

$$= \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \frac{m}{sec^2} \cdot 0{,}3m \cdot \frac{(13{,}6 - 1) \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3}}{10^3 \frac{kg}{m^3}} \cdot \frac{1}{\left(\frac{200^4 mm^4}{100^4 mm^4}\right) - 1}} = \underline{2{,}2 \frac{m}{sec}}$$

A víz térfogatárama:

$$q = A_1 \cdot v_1 = \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} \cdot v_1 = \frac{0{,}2^2 \cdot m^2 \cdot \pi}{4} \cdot 2{,}2 \frac{m}{sec} = \underline{0{,}0695 \frac{m^3}{sec}}$$

42. Az α=45° emelkedésű egyenes csőszakasz hossza l=3,5 m, átmérője az alsó végénél d_1=l20 mm, a felső végénél d_2=80 mm (33. ábra). A csőszakaszon veszteségei elhanyagolhatók (ξ=0). Mekkora nyomáskülönbség szükséges a csőszakaszban, hogy a nyitott felső végénél v_2=l m/s sebességgel lépjen ki a víz (Δp=?)

<u>Megoldás</u>

α=45°

l=3,5 m

d_1=120 mm

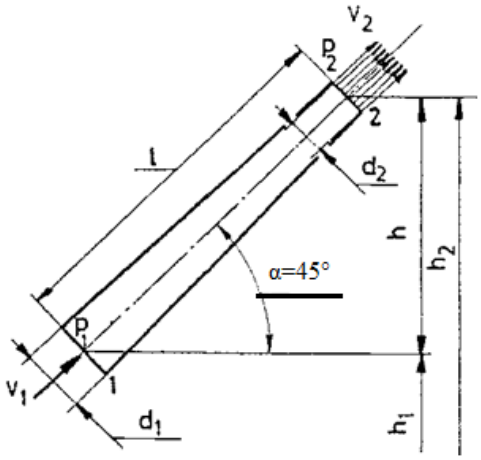
d_2=80 mm

v_2=l m/s

Δh=300 mm

$\rho_{víz}$=1000 kg/rn^3

Δp=?



33. ábra Ferde csőben ébredő nyomáskülönbség

A feladat a Bernoulli egyenele és a folytonossági tétel alkalmazásával oldható meg.

$$q_1 = q_2$$

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \quad \rightarrow \quad \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} \cdot v_1 = \frac{d_2^2 \cdot \pi}{4} \cdot v_2$$

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

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

Felhasználva, hogy az 1 és 2 pon közötti $h = h_2 - h_2$ szintkülönbség

$$h = l \cdot \sin\alpha = 3{,}5 \cdot \sin 45^o = 2{,}47m$$

A Bernoulli egyenletbe behelyettesítve:

$$p_1 + \frac{\rho_{víz}}{2} \cdot v_2^2 \cdot \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4 = p_2 + \rho_{víz} \cdot g \cdot h + \rho_{víz} \cdot \frac{v_2^2}{2}$$

Az ébredő nyomások különbsége

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

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

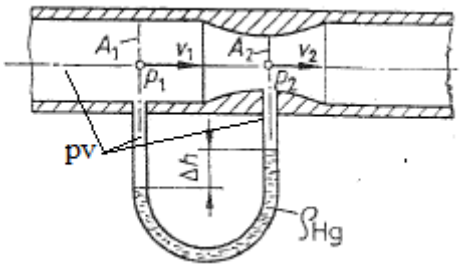
$$= 24231Pa + 404Pa = 24635Pa = \underline{24{,}6kPa}$$

43. 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=?)?

44. A 34. ábrán látható csőben víz áramlik. A mért magasságkülönbség Δh=0,005 m. Á normál cső keresztmetszete A_1=800 mm2, a hozzá tartozó vízsebesség v_1=0,7 m/s, a nyomás p1= l bar = $1 \cdot 10^5$ Pa. A higany sűrűsége p_{Hg}=13 600 kg/m^3, a víz sűrűsége p_v=1000 kg/m^3

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

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



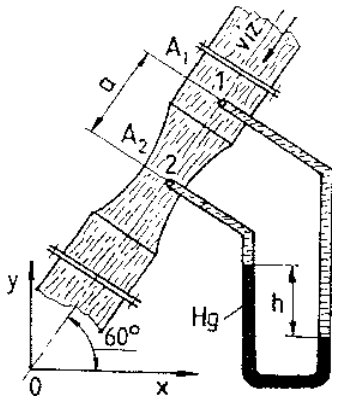
34. ábra Ventúri csőben nyomás mérése

45. A 35. 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 a=2 m. A higany sűrűsége p_{Hg}=13 600 kg/m^3, a víz sűrűsége p_v=1000 kg/m^3

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=?)!



35. ábra Csőrendszerbe iktatott Venturi cső

46. A d=6 mm belső átmérőjű csővezetékben kenőolaj áramlik. Az olaj hőmérséklete T=293 K (azaz 20 °C), a kinematikai viszkozitása ν_{ol}=3,4.10^4 m^2 /sec Milyen nagyságú áramlási sebességet engedhetünk meg a kenőolaj vezetékben, ha azt akarjuk, hogy az áramlás lamináris legyen (v_{kr} =?)?

Megoldás

d=6 mm

T=293 K

ν_{ol}=3,4.10^4 m^2 /sec

v_{kr} =?

A kritikus Reynolds szám:

$$Re_{kr} = \frac{v_{kr} \cdot d}{\nu_{ol}} = 2320 \; ebből$$

$$v_{kr} = \frac{Re_{kr} \cdot \nu_{ol}}{d} = \frac{2320 \cdot 3{,}4 \cdot \frac{m^2}{sec}}{0{,}006m} = \underline{131 \frac{m}{sec}}$$

47. 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=?)?

Megoldás

d=50 mm

V=30 l, $\rho_{víz}$=1000 kg/rn^3

t= 1 sec

v=?; F_1=?

a) A térfogatáram nagysága másodpercenként:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{30\ dm^3}{1sec} = 30\frac{dm^3}{sec} = 30 \cdot 10^{-3}\frac{m^3}{sec}$$

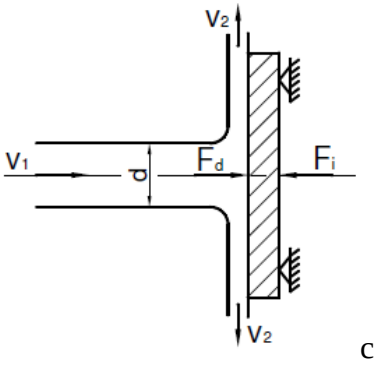
a folytonossági tétel alapján a kilépési sebesség

$$Q = A \cdot v \quad \rightarrow \quad v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{d^2 \cdot \pi}{4}} = \frac{30 \cdot 10^{-3}\frac{m^3}{sec}}{\frac{0{,}05^2 \cdot \pi}{4} m^2} = \underline{15{,}28\frac{m}{sec}}$$

b) Az erő nagysága:

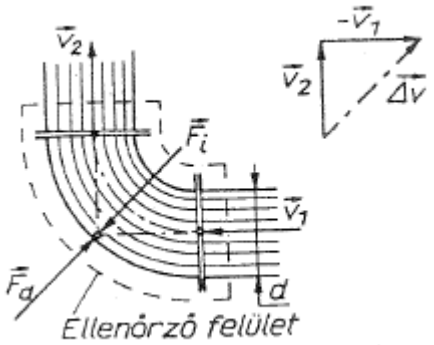
$$F_i = Q \cdot v \cdot \rho_{víz} = 30 \cdot 10^{-3}\frac{m^3}{sec} \cdot 15{,}28\frac{m}{sec} \cdot 1000\frac{kg}{m^3} = \underline{458N}$$

48. Egy d=50 mm átmérőjű, A=19,6 cm^2 keresztmetszetű és v_1=20 m/s sebességű vízsugár - a 36. ábra szerint merőlegesen érkezik egy álló síklapra, amely az eltérés jósága érdekében a sugár keresztmetszete nagyobb. (p_v=1000 kg/m^3). Mekkora a lapot merőlegesen támasztó erő (F_i=?)?



36. ábra Síklapra érkező vízsugár

49. Mekkora a könyökcsőre ható erőimpulzus (37. ábra), ha az áramlási sebesség v= 3 m/sec, a cső átmérője d=150 mm (F_d)=?



37. ábra Könyökcsőre ható erő

<u>Megoldás</u>

d=150 mm

<u>v=3 m/sec</u>

F_d=?

$$|v_1| = |v_2| = v,$$

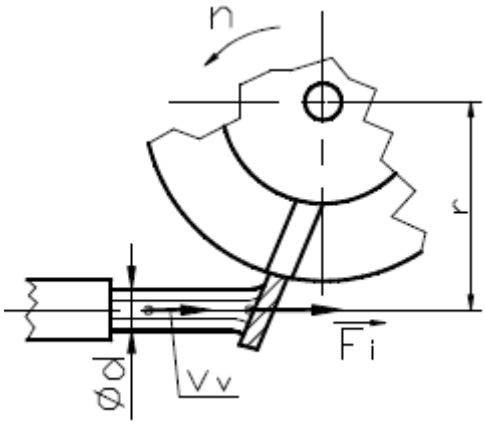
A sebességi háromszögből a Δv meghatározása a különbözteti vektor alkalmazásával:

$$\Delta v = \sqrt{v_2^2 + (-v_1)^2} = \sqrt{2v^2} = \sqrt{2} \cdot v = \sqrt{2} \cdot 3\frac{m}{sec} = \underline{4{,}23\ \frac{m}{sec}}$$

A könyökcsőre ható erő az erőimpulzus abszolult értéke alapján

$$F_d = A \cdot v \cdot \rho_{víz} \cdot \Delta v = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot v \cdot \rho_{víz} \cdot \Delta v = \frac{0{,}15^2 \cdot \pi}{4}(m^2) \cdot 1000\frac{kg}{m^3} \cdot 4{,}23\frac{m}{sec} = \underline{2242N}$$

50. A 38. ábrán látható vízikerék lapátjára ható vízsugár átmérője d=200 mm, a víz sebessége v_v=10 m.s^{-1}. A vízsugár középvonalának távolsága a vízikerék forgástengelyétől r =1,5. A mechanikai hatásfok $\eta|_m$=0,9.



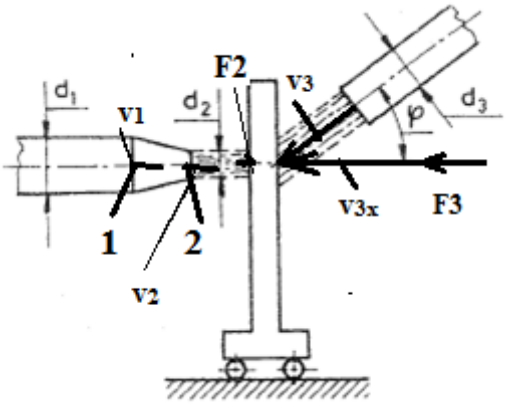
38. ábra Vízikerék lapátja

a) Számítsuk ki a vízikerék teljesítményét, ha a kerék kerületi sebessége éppen fele a vízsugár sebességének (Ph=?)! ($v_{ker}=v_v/2$)!

b) Mennyi a nyomaték a vízikerék tengelyén (M=?)?

51. A 39. 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/sec, a ferde cső középvonalának vízszintessel bezárt szöge (φ=30°).

Mekkorának kell lenni a fúvóka előtti p_1 túlnyomásnak, hogy a lemez egyensúlyban legyen?



39. ábra Elmozdíthatóan felállított lemez

Megoldás

d_1=80 mm

d_2=50 mm

d_3=80 mm

q_3=0,05 m^3/sec

p_v=1000 kg/m^3

φ=30°

p_1=?

A térfogatáram a ferde helyzetű csőben:

$$q_3 = A_3 \cdot v_3 = \frac{d_3^2 \cdot \pi}{4} \cdot v_3 \quad \rightarrow \quad v_3 = \frac{q_3}{\frac{d_3^2 \cdot \pi}{4}} = \frac{0{,}05\,\frac{m^3}{sec}}{\frac{0{,}08^2 \cdot \pi}{4}} = \underline{9{,}95\,\frac{m}{sec}}$$

$$v_{3x} = v_3 \cdot \cos\varphi = 9{,}95\,\frac{m}{sec} \cdot \cos 30 = 8{,}61\,\frac{m}{sec}$$

Az F_3 erő nagysága:

$$F_3 = q_3 \cdot v_{3x} \cdot \rho_{víz} = 0{,}05\,\frac{m^3}{sec} \cdot 8{,}61\,\frac{m}{sec} \cdot 1000\,\frac{kg}{m^3} = \underline{430{,}5N}$$

Az F_3 =F_2 erővel

$$F_3 = F_2 = A_2 \cdot \rho_{víz} \cdot v_2^2 \quad \rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{F_3}{A_2 \cdot \rho_{víz}}} = \sqrt{\frac{F_3}{\frac{d_2^2 \cdot \pi}{4} \cdot \rho_{víz}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{430{,}5N}{\frac{0{,}05^2 m^2 \cdot \pi}{4} \cdot 1000\,\frac{kg}{m^2}}} = \underline{14{,}9\,\frac{m}{sec}}$$

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \quad \rightarrow \quad \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} \cdot v_1 = \frac{d_2^2 \cdot \pi}{4} \cdot v_2$$

$$v_1 = \frac{d_2^2}{d_1^2} \cdot v_2 = \frac{50^2 mm^2}{80^2 mm^2} \cdot 14{,}9\,\frac{m}{sec} = 5{,}79\,\frac{m}{sec}$$

Az 1 és 2 pontra a Bernoulli egyenlet

$$p_1 + \rho_{víz} \cdot \frac{v_1^2}{2} = p_2 + \rho_{víz} \cdot \frac{v_2^2}{2}$$

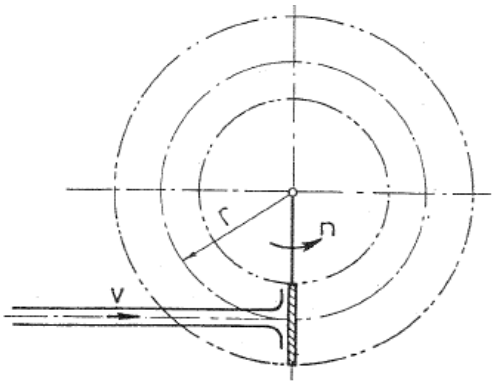
$$p_1 - p_2 = \rho_{víz} \cdot \frac{v_2^2}{2} - \rho_{víz} \cdot \frac{v_1^2}{2} = \frac{\rho_{víz}}{2} \cdot (v_2^2 - v_1^2) = \frac{1000 \frac{kg}{m^2}}{2} \cdot (14{,}9^2 - 5{,}79^2) = \underline{94243 Pa}$$

52. Egyszerű radiális síklapátokkal felszerelt vízikereket v=15 m/s sebességű, d=30 mm átmérőjű körkeresztmetszetű vízsugárral hajtunk. A lapátokat a vízsugár a 40. ábra szerint éri. A lapátok középkörének sugara r = 0,2 m. A kerék n= 250/min állandó fordulatszámmal forog.

a) A lapátozást "végtelen sok, de egymást nem zavaró lapátokból álló"-nak feltételezve, számítsa ki a kereket forgató nyomatékot és a teljesítményt (M=?; P=?)?

b) Milyen fordulatszámnál kapnánk a legnagyobb teljesítményt és mekkora lenne az.

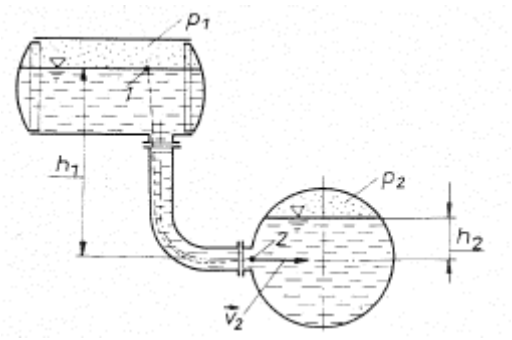
(n_{opt}=?; P_{max} =?)?



40. ábra Radiális síklapátozású vízikerék

53. A 41 ábra szerint két tartály közül a felső nagyobb nyomású, mint az alsó és az összekötő csövön át az alsóba víz áramlik. Mekkora adott pillanatban a 2-es pontbeli áramlási sebesség (v_2=?)?

Adatok: h_1=12 m; h_2= 0,85 m; p_1=0,6 MPa; p_2 =0,35 MPa



41. ábra Tartályok kapcsolata

Az 1. pontban a v_1 sebesség elhanyagolhatóan kicsi, hiszen v_2 sebességhez viszonyítva a folytonossági tétel éetelmében:

$$q = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

$$A_1 \gg A_2$$

Az A_1 felület az A_2 felülethez viszonyitva nagyon nagy, ezért

$$v_2 \gg v_1 \quad \rightarrow \quad v_1 \approx 0 \ {}^{m}/_{sec}$$

A Bernoulli egyenlet az 1 és 2 pont közt:

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

ebből a v_2 értékét kifejezve:

$$(p_1 - p_2) + \rho_{viz} \cdot g \cdot (h_1 - h_2) = \rho_{viz} \cdot \frac{v_2^2}{2}$$

$$v_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_1 - h_2) + \frac{2 \cdot (p_1 - p_2)}{\rho_{viz}}} =$$

$$= \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \frac{m}{sec^2} \cdot (12m - 0{,}85m) + \frac{2 \cdot (0{,}6 - 0{,}35) \cdot 10^5 Pa}{1000 \frac{kg}{m^2}}} = \underline{26{,}81 \frac{m}{sec}}$$

5.FOLYADÉKOT ÉS LÉGNEMŰ ANYAGOT SZÁLLÍTÓ GÉPEK

54. Dugattyús ikerszivattyú (kéthengeres (z=2), kétszeres működésű (i=2)) dugattyúátmérője D= 80 mm. A mindkét oldalon kivezetett dugattyúrúd átmérője d= 20 mm. A lökethossz s= 120mm. A hajtómű fordulatszáma n= 130 min^{-1}. A volumetrikus hatásfok η_{vol}= 95 %..Mennyi a szivattyú tényleges vízszállítása (térfogatárama) (q_t=?)?

Megoldás

z=2

i=2

D= 80 mm

d=20 mm

n= 130 min^{-1}

s= 120mm.

η_v= 95 %

q_t=?

Elméletileg a forgattyú egy körülfordulása alatt a kéthengeres, kettősműködésű dugattyús szivattyú egy henger lökettérfogatának „i-z”-szeresét szállítja,

$$q_g = i \cdot z \cdot A \cdot s \cdot n \ (geometriai\ térfogatáram)$$

Az **A** dugattyúfelület a dugattyú keresztmetszetének a dugattyúrúd keresztmetszetével csökkentett része, hiszen a dugattyú mindkét oldalán kivezetett kivitelű.

$$A_d = \left(\frac{D^2 - d^2}{4}\right) \cdot \pi = \left(\frac{0{,}008^2 m^2 - 0{,}002^2 m^2}{4}\right) \cdot \pi = \underline{4{,}71 \cdot 10^{-3} \cdot m^2}$$

A térfogatáram:

$$q_g = i \cdot z \cdot A \cdot s \cdot n = 2 \cdot 2 \cdot 4{,}71 \cdot 10^{-3} m^2 \cdot 0{,}12\ m \cdot \frac{130 min^{-1}}{60 \cdot sec \cdot min^{-1}} = \underline{4{,}905 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{sec}}$$

A tényleges közepes vízszállítás és az elméleti közepes – a geometriai – folyadékszállítás között a volumetrikus hatásfok ad kapcsolatott:

$$q_t = \eta_{vol} \cdot q_g = 0{,}95 \cdot 4{,}905 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{sec} = 4{,}66 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{sec} = \underline{4{,}66 \cdot \frac{dm^3}{sec}}$$

55. Számítsa ki annak a kétszeres működésű (i=2) dugattyús szivattyúnak a tényleges vízszállítását (térfogatáramát) (q_t=?), amelynek a volumetrikus hatásfoka η_{vol} = 90 %, a lökethossza s= 0,32 m, a fordulatszáma n= 1,5 s^{-1} és a dugattyú átmérője d= 150 mm!

56. Mennyi annak a szivattyúnak a hasznos (Ph=?) és bevezetett teljesítménye (Pb=?), amely q= 0,14 m^3 vizet szállít másodpercenként, a manometrikus szállítómagassága h=20 m, a volumetrikus hatásfoka η_{vol} = 90 %, a mechanikai hatásfoka η_m= 75 %, a hidraulikai hatásfoka η_{hid}= 92 %? (A víz sűrűsége $\rho_{víz}$= 1 000 $kg.m^{-3}$)

Megoldás

q= 0,14 m^3 /sec

$\rho_{víz}$= 1 000 $kg.m^{-3}$

h=20 m

η_{vol} = 90 %,

η_m= 75 %,

η_{hid}= 92 %

Ph=?; Pb=?

A szivattyú összhatásfoka:

$$\eta_{sziv} = \eta_{vol} \cdot \eta_m \cdot \eta_{hid} = 0{,}9 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}92 = 0{,}621 = \underline{62{,}1\%}$$

A hasznos teljesítmény:

$$P_h = q \cdot p = q \cdot \rho_v \cdot g \cdot h = 0{,}14 \frac{m^3}{sec} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81 \frac{m}{sec^2} \cdot 20m = 27468W \approx \underline{27{,}5kW}$$

A bevezetett teljesítmény:

$$P_b = \frac{P_h}{\eta_{sziv}} = \frac{27468W}{0{,}621} = 44232W \approx \underline{44{,}2kW}$$

57. Az egyhengeres (z=l), kettősmüködésü (i=2) dugattyus szivattyút szíjhajtáson keresztül villamos motor hajtja. A dugattyú átmérője d= 300 mm., a lökethossz s= 350 mm, a löketszám, ill. a forgattyús mechanizmus fordulatszáma n=100 min^{-1}, a valóságos nyomás p_{val} 0,1 MPa, a volumetrikus hatásfok η_{vol} = 90 % a hidraulikai hatásfok η_{hid} =70 %, a mechanikai hatásfok pedig η_m = 85 %. Mennyi a szívattyú hasznos teljesítménye (P_h=?)?

58. Egy Francis turbina víznyelése 670 dm^3/sec, a tényleges esés 29 m. A turbina fordulatszáma 600/min, a tengelyén mérhető nyomaték 2,44 kNm. Mennyi a turbina összhatásfoka (η_o=?)?

Megoldás

q= 670 dm^3 /sec

h=29 m

n=600/min

$\rho_{víz}$= 1 000 kg.m^{-3}

M=2,44 kNm

η_o=?

A vízturbinába bevezetett összes teljesítmény:

$$P_ö = \rho_{víz} \cdot g \cdot q \cdot h = 1000\frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81\frac{m}{sec^2} \cdot 0{,}67\frac{m^3}{sec} \cdot 29m = 190608W = \underline{190{,}6kW}$$

Az összhatásfok kiszámításához a vízturbina tengelyén levehető hasznos mechanikai teljesítményt (P_h) is ismerni kell. A tengely szögsebessége:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60\frac{sec}{min}} = \frac{2\pi \cdot 600\frac{1}{min}}{60\frac{sec}{min}} = \underline{6{,}28\frac{1}{sec}}$$

A hasznos teljesítmény:

$$P_h = M \cdot \omega = 2440Nm \cdot 62{,}8\frac{1}{sec} = 153232W = \underline{153{,}2kW}$$

A hatásfok:

$$\eta_0 = \frac{P_h}{P_o} = \frac{153{,}2\ kW}{190{,}6\ kW} = 0{,}804 = \underline{80{,}4\%}$$

59. Egy tűzoltó fecskendő kiömlő nyílásának keresztmetszete A= 3 cm^2. A vízsugár h= 30 m magasra lövell ki. A víz sűrűsége p_v= 1 000 kg.m^{-3}.

a) Milyen sebességgel áramlik a víz (v_2=?)?

b) Mekkora erővel kell tartani a fecskendőt (F_d=?)?

c) Mekkora a szivattyú és a motor teljesítménye, ha a szivattyú hatásfoka η_{sz}= 70 % (Pi=?; P_b=?)?

60. A dugattyús szivattyú lökete s= 300 mm, a fordulatszáma n= 2s^{-1} A dugattyú átmérője d= 200 mm, a volumetrikus hatásfoka η_{vol} = 89 %.

a) Mekkora a meghajtó motor teljesítménye (Pb=?), ha a szivattyú a vizet h_1= 6 m mélyről szivja és h_2= 16 m magasra nyomja, a hatásfoka η_{sz} = 75 %?

b) Mekkora a dugattyú felületét terhelő erő a szívó- és nyomólöket alatt (F_{sz}=?; F_{ny}=?)?

Megoldás

s= 300 mm

n= $2s^{-1}$

η_{vol} = 89 %.

h_1= 6 m

h_2= 16 m

$\rho_{víz}$= 1 000 $kg.m^{-3}$

η_{sz} = 75 %?

Pb=?; F_{sz}=?; F_{ny}=?

a) A lökettérfogat:

$$V_H = A \cdot s = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot s = \frac{2^2 dm^2 \cdot \pi}{4} \cdot 3\ dm = 9{,}42\ dm^3 \approx 9{,}42\ liter$$

A geometriai (elméleti) térfogatára:

$$q_g = V_H \cdot n = 9{,}42\ dm^3 \cdot 2\ sec^{-1} = 18{,}84\ dm^3 sec^{-1}$$

A tényleges térfogatáram:

$$q_t = q_g \cdot \eta_{vol} = 18{,}84\ dm^3 sec^{-1} \cdot 0{,}89 = 16{,}71\ dm^3 sec^{-1}$$

A motor teljesítménye:

$$P_b = \frac{q_t \cdot \rho_{víz} \cdot g \cdot (h_1 + h_2)}{\eta_{sz}} = \frac{16{,}71 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{sec} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81 \frac{m}{sec^2} \cdot (6m + 16m)}{0{,}75} =$$

$$= 4809W \approx \underline{4{,}810kW}$$

b) A dugattyú felülete:

$$A_d = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{0{,}2^2\ m^2 \cdot \pi}{4} = 0{,}0314m^2$$

A dugattyú felületét terhelő erő szíváskor:

$$F_{sz} = p_1 \cdot A_d = \rho_{víz} \cdot g \cdot h_1 \cdot A_d = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81 \frac{m}{sec^2} \cdot 6m \cdot 0{,}0314m^2 = \underline{1848{,}2N}$$

A dugattyú felületét terhelő erő nyomáskor:

$$F_{sny} = p_2 \cdot A_d = \rho_{víz} \cdot g \cdot h_2 \cdot A_d = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81 \frac{m}{sec^2} \cdot 16m \cdot 0{,}0314m^2 = \underline{4924{,}5N}$$

61. Egy ventilátor légszállítása q=1,2 m^3/s, a hasznos teljesítménye P_h = 970 W. A levegő sebessége a szívócsőben v_1= 11,5 m/s, a nyomócsőben v_2 = 8,2 m/s. Mekkora a szívó- és a nyomócsonk között mérhető nyomáskülönbség? (A levegő sűrűsége ρ_{lev} = 1,25 kg/m^3)

Megoldás

q=1,2 m^3/s

ρ_{lev} = 1,25 kg/m^3

P_h = 970 W

v_1= 11,5 m/s

v_2 = 8,2 m/s

Δp=?;

A ventilátor által létrehozott össznyomás növekedés:

$$\Delta p_ö = \frac{P_h}{q} = \frac{970W}{1{,}2\frac{m^3}{sec}} = 808Pa = \underline{808\frac{N}{m^2}}$$

Az össznyomáskülönbség a szívó- és nyomócsonk között mérhető nyomáskülönbség és a szívó- és nyomócsonkon létrejövő mozgási energia változás összege:

$$\Delta p_ö = p_2 - p_1 + \rho_{lev} \cdot \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2}\right)$$

A szívó- és nyomócsonk között mérhető nyomáskülönbség:

$$\Delta p = p_2 - p_1 = \Delta p_ö - \rho_{lev} \cdot \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2}\right) =$$

$$= 808\frac{N}{m^2} - 1{,}25\frac{kg}{m^3} \cdot \left(\frac{8{,}2^2\frac{m^2}{sec^2} - 11{,}5^2\frac{m^2}{sec^2}}{2}\right) = \underline{849Pa}$$

62.Egy ventilátor szívó- és nyomócsonkja közé kötött U-csöves, vizes, differenciál manométer kitérése Δh= 764,5 mm. A ventilátor p_1= 0,98 bar nyomású térből szív. A szívó- és nyomócsonk keresztmetszete azonos.

a) Mennyi az össznyomás növekedés (Δpö=?)?

b) Mennyi a nyomócsonkon uralkodó abszolút nyomás (p_2=?)?

63. Az egyfokozatú dugattyús kompresszor adatai a következők:

müködési szám: i=1

fordulatszám: n=300 min^{-1};

dugattyúátmérő: d=200.mm

lökethossz: s=300.mm

töltésfok: λ=0,8

hatásfok η_{komp} = 70 %?

Feltételezzen izotermikus munkát p_2/p_l = 5 nyomásviszonnyal! Határozza meg a kopresszor:.

a) egy fordulatra eső munkáját (W_{iz} =?)

b) szükséges motorteljesítményét (P_b =?)?

a) Az elméleti hengertérfogat:

$$V_{helm} = A_d \cdot s = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot s = \frac{0{,}2^2 m^2 \cdot \pi}{4} \cdot 0{,}3m = 0{,}00942m^3$$

A valóban beszívott lökettérfogat:

$$V_{hval} = \lambda \cdot V_{helm} = 0{,}8 \cdot 0{,}00942m^3 = \underline{0{,}00754m^3}$$

A p_2/p_l = 5 nyomásviszonnyal feltételezett izotermikus kompressziómunka:

$$W_{iz} = p_1 \cdot V_{hval} \cdot ln\frac{p_2}{p_1} = 10^5 \frac{N}{m^2} \cdot 0{,}00754m^3 \cdot \ln 5 = \underline{1213J}$$

A szükséges hajtóteljesítmény:

$$P_b = \frac{W_{iz} \cdot n \cdot i}{\eta_{komp}} = \frac{1213J \cdot 300\frac{1}{min} \cdot 1}{0{,}7 \cdot 60\frac{sec}{min}} = \underline{8664W}$$

64.Számítsuk ki az egyfokozatú (i=1), dugattyús kompresszor hajtómotorjának teljesítményét (Pb=?), A kompresszor hajtómotorjának dugattyúátmérője D=200 mm, a lökethossza s= 250 mm. A hajtómotormotor fordulatszáma n=250 min^{-1}. A nyomóoldali nyomás p_2= 0,4 MPa. A környezeti nyomás p_1 =10^5 Pa. A kompresszor hatásfoka η_{komp}= 68 %. és a töltési fok λ=0,7. Feltételezhetünk izotermikus kopressziómunkát p_2/p_1=4 nyomásviszonnyal

65. Számítsuk ki a ventilátor (szellőző) hajtásához szükséges teljesítményt (P_b=?), ha a levegő térfogatárama q= 1,75 $m^3.s^{-1}$, az U-csöves differenciál manométer vízoszlopának különbsége Δh= 80 mm, a hatásfok r_{lvent} = 80 %. (A víz sűrűsége $\rho_{víz}$ = 1 000 $kg.m^{-3}$ a levegő sűrűsége ρ_{lev} = 1,25 $kg.m^{-3}$. Határozzuk meg a szívócső átmérőjét (d_1=?)?

6. GŐZGÉPEK, GÁZGÉPEK

66. Egy Sulzer-kazán gőztermelése $\dot{m}_g$= 200 Mg/h, a termelt gőz fajlagos hőtartalma i_g=3,34 MJ/kg, a tápvíz fajlagos hőtartalma az előmelegítés elött i_v=0,1675 MJ/kg, a szénfogyasztás B_{sz}=55 Mg/h (barnaszénpor), a fűtőértéke H_{sz}=14,66 MJ/kg. Mennyi a kazán hatásfoka (η_k=?)?

Megoldás

$\dot{m}_g$ =200 Mg/h

i_g=3,34 MJ/kg

i_v=0,1675 MJ/kg

B_{sz}=55 Mg/h

H_{sz}=14,66 MJ/kg

η_k=?

A gőzkazán hatásfoka:

$$\eta_k = \frac{\dot{m}_g \cdot (i_g - i_v)}{B_{sz} \cdot H_{sz}} = \frac{200\frac{Mg}{h} \cdot (3{,}34 - 0{,}1675)\frac{MJ}{kg}}{55\frac{Mg}{h} \cdot 14{,}66\frac{MJ}{kg}} = \underline{0{,}79 = 79\%}$$

67. Egy kazán vizsgálatánál az alábbi adatokhoz jutottunk. Az óránként termelt gőzmennyiség $\dot{m}_g$= 6000 kg, amelynek hőtartalma (entalpiája) i_g= 3 200 kJ/kg. A tápvíz hőmérséklete t_v= 80 °C. hőmérsékletű, melynek hőtartalma i_v= 335 kJ/kg. A H_{sz}=13,5 MJ/kg fűtőértékű szénből B_{sz} =1,6 Mg/h a fogyasztás. Mennyi a kazán hatásfoka (η_k=?)?

68. Egy vízcsöves kazán gőztermelése $\dot{m}_g$= 200 Mg/h. 1 kg tápvíz hőtartalma (entalpiája) Δi= 3200 kJ-lal növekszik meg, mire kilép a kazánból. A kazán B_{sz}= 55 Mg/h barnaszenet fogyaszt, amelynek fütőértéke H_{sz}= 15 MJ/kg.

Mennyi a kazán hatásfoka (η_k=?)?

A kazán fajlagos gőztermelése τ = 25 kg/(m^2.h). Mekkora a szükséges fűtőfelület (A_f=?)?

Megoldás

$\dot{m}_g$ =200 Mg/h

Δi=3,2MJ/kg

τ = 25 kg/(m^2.h).

B_{sz}=55 Mg/h

H_{sz}=15 MJ/kg

η_k=?

a) A gőzkazán hatásfoka:

$$\eta_k = \frac{\dot{m}_g \cdot \Delta i}{B_{sz} \cdot H_{sz}} = \frac{200\frac{Mg}{h} \cdot 3{,}2\frac{MJ}{kg}}{55\frac{Mg}{h} \cdot 15\frac{MJ}{kg}} = \underline{0{,}775 = 77{,}5\%}$$

b) A szükséges fűtőfelület nagyságát meghatározza, hogy a termelt gőz tömegárama egyenesen arányos fűtőfelülettel:

$$\dot{m}_g = \tau \cdot A_f \quad \rightarrow \quad A_f = \frac{\dot{m}_g}{\tau} = \frac{200 \cdot 10^3\frac{kg}{h}}{25\frac{kg}{m^2 \cdot h}} = \underline{8000\ m^2}$$

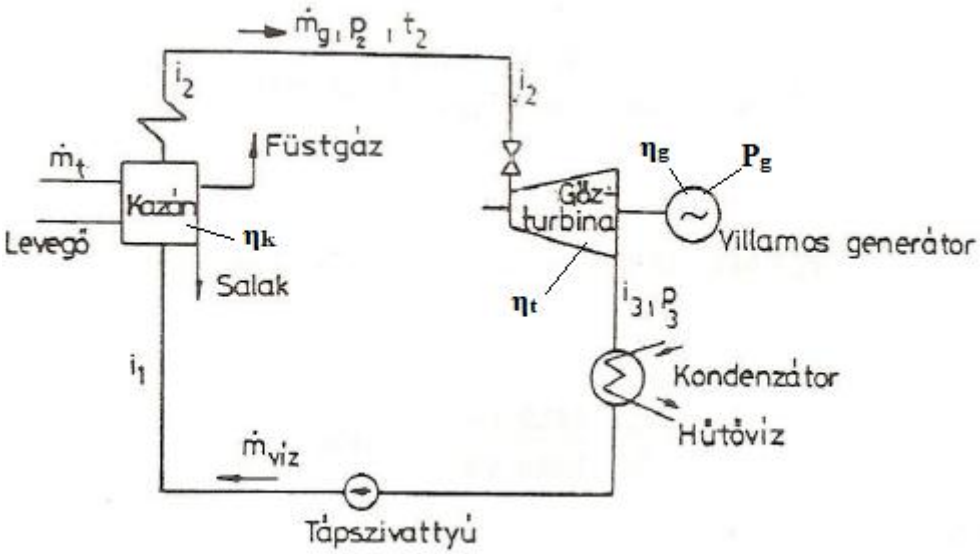
69. A Sulzer-kazán fajlagos gőztermelése τ = 25 kg/(m^2.h) közönséges terhelés esetén. Mennyi fűtőfelület szükséges, ha a termelt gőztömegáram $\dot{m}_g$ =200 Mg/h. (A_f=?)?

70. A 42. ábrán hőerőmű egyszerűsített kapcsolási rajza látható. A generátor termelt hasznos teljesítménye P_g= 50 MW, a hatásfoka η_g = 97 %. A generátort hajtó gőztubina hatásfoka η_t = 87 %, a friss gőz nyomása p_2= 110 bar, a hőmérséklete t_2 = 500 °C, hőtartalma i_2= 3 370 kJ/kg. A kondenzátorban a nyomás p_3= 0,04 bar, a gőz hőtartalma i_3= 2180 kJ/kg.

a) Mekkora gőzmennyiségre van szükség a megadott generátorteljesítmény eléréséhez ($\dot{m}_g$ =?)?

b) Mennyi a kazán óránkénti szénfogyasztása (B_{sz}=?)? A kazánhatásfok η_k =80 %, a tápvíz hőtartalma i_1 = 125 kJ/kg, a szén fűtőértéke H_{sz}= 20 MJ/kg.

c) Mekkora az erőmű hatásfoka (η_e=?)?



42. ábra Höerőmű egyszerűsített kapcsolási rajza

Megoldás

P_g= 50 MW = 50000kJ/sec

η_g = 97 %

η_t = 87 %

η_k =80 %,

i_1 = 125 kJ/kg

p_2= 110 bar; t_2 = 500 °C ; i_2= 3 370 kJ/kg

p_3= 0,04 bar; i_3= 2180 kJ/kg

H_{sz}= 20 MJ/kg

$\dot{m}_g$ =?; B_{sz}=?; η_e=?

a) A gőzturbina teljesítménye:

$$P_g = \dot{m}_g \cdot \eta_g \cdot \eta_t \cdot (i_3 - i_2)$$

A szükséges gőzmennyiség:

$$\dot{m}_g = \frac{P_g}{\eta_g \cdot \eta_t \cdot (i_3 - i_2)} = \frac{50000\frac{kJ}{sec}}{0{,}97 \cdot 0{,}87 \cdot (3370 - 2180)\frac{kJ}{kg}} = 49{,}8\frac{kg}{sec} \cdot 3600\frac{sec}{h} =$$

$$= 179280\frac{kg}{h} \approx \underline{180\frac{Mg}{h}}$$

b) A kazán óránkénti szénfogyasztása:

$$\eta_k = \frac{\dot{m}_g \cdot (i_2 - i_1)}{B_{sz} \cdot H_{sz}} \quad \rightarrow B_{sz} = \frac{\dot{m}_g \cdot (i_2 - i_1)}{\eta_k \cdot H_{sz}}$$

$$B_{sz} = \frac{180\frac{Mg}{h} \cdot (3{,}37 - 0{,}125)\frac{MJ}{kg}}{0{,}80 \cdot 20\frac{MJ}{kg}} = \underline{36{,}5\frac{Mg}{h}}$$

c) Az erőmű összhatásfoka a meghatározásához a bevitt kazán teljasitményt is meg kell határozni

$$P_{kaz} = \frac{B_{sz} \cdot H_{sz}}{t} = \frac{36{,}5 \cdot 10^3\frac{kg}{h} \cdot 20 \cdot \frac{MJ}{kg}}{3600\frac{h}{sec}} = \underline{202{,}8MW}$$

$$\eta_e = \frac{P_g}{P_{kaz}} = \frac{50MW}{202{,}8MW} = 0{,}247 \approx \underline{25\%}$$

71. Akciós gőzturbina P_{eff} = 2 MW teljesítményű. A turbinán átáramló gőz hőtartalom-csökkenése (entalpiacsökkenése) Δi= 880 kJ/kg. Mennyi a turbina óránkénti gőzfogyasztása, ha a turbina hatásfoka η_t=82% ($\dot{m}_g$ =?)?

72. Egy gőzturbina hasznos teljesítménye P_{eff}=250 kW, óránkénti gőzfogyasztása $\dot{m}_g$= 2625 kg/h. A turbinán átáramló gőz entalpiaváltozása Δi=400 kJ/kg.

a) Mennyi a turbina fajlagos gőzfogyasztása (b_g=?)?

b) Mennyi a turbina hatásfoka (η_t=?)?

73. Egy Laval-turbina óránként m_g= 3500 kg, p_1=12 bar nyomású t_g= 400 °C hőfokú túlhevített gőzt fogyaszt, amelynek entalpiája i_1=3260 kJ/kg. Adiabatikus expanziót feltételezve p_2=1 bar végnyomásig a kilépő gőz entalpiája i_2=2690 kJ/kg. A turbina P_g =360 kW villamos teljesítményt szolgáltató, η_g=92% hatásfokú generátort hajt.

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

b) Mennyi a turbina hatásfoka és hasznos teljesítménye (P_{eff}=?)?

c) Mennyi a turbina fajlagos gőzfogyasztása (b_g =?)?

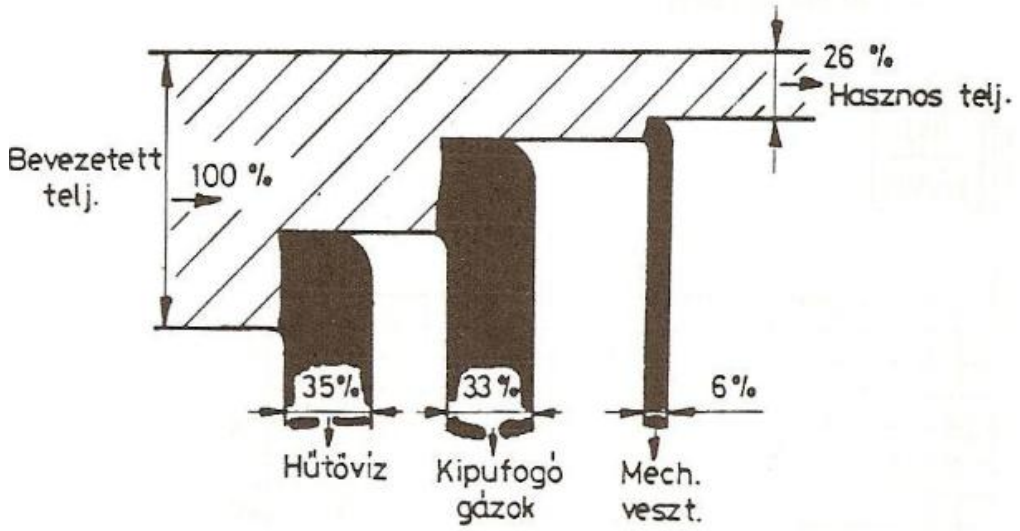
74. Egy Otto-motor teljesítményszalagja látható a 43. ábrán. A sugárzási hőveszteségektől eltekintettünk. A motor üzemanyag-fogyasztása B_b= 13 kg/h, a benzin fűtőértéke H_b= 43,1 MJ/kg.

a) Mekkora a motor hasznos teljesítménye (P_{eff} =?)?

b) Mekkora az indikált teljesítmény (P_i=?)?

c) Mekkora a fajlagos üzemanyag-fogyasztás (b_b=?)?

d) Mennyi hő távozik óránként a hűtővízzel illetve az égéstermékkel (W_{hv}=?; $W_{ét}$=?)?



43. ábra Otto-motor teljesítményszalagja

Megoldás:

B_b= 13 kg/h

H_b= 43,1 MJ/kg.

P_{eff} =?; P_i=?; b_b=?; W_{hv}=?; $W_{ét}$=?

a) A bevezetett összes teljesitmény:

$$P_{\ddot{o}} = \frac{B_b \cdot H_b}{t} = \frac{13\frac{kg}{h} \cdot 43{,}1 \cdot 10^6\ \frac{J}{kg}}{3600\frac{sec}{h}} = 155640W = 155{,}64kW$$

A hsznos teljesítmény:

$$\eta_h = \frac{P_{eff}}{P_{\ddot{o}}} \quad \rightarrow \quad P_{eff} = \eta_h \cdot P_{\ddot{o}} = 0{,}26 \cdot 155{,}64kW = \underline{40{,}46kW}$$

ahol a 43 ábra alapján $\eta_h = 26\%$

b) Az indikált teljesítmény:

$$\eta_i = \frac{P_i}{P_{ö}} \quad \rightarrow \quad P_{ind} = \eta_i \cdot P_{ö} = (0{,}26 + 0{,}06) \cdot 155{,}64kW = \underline{49{,}8kW}$$

ahol a 43 ábra alapján $\eta_i = (\eta_h + \eta_m) = 26\% + 6\% = 32\%$

c) A fajlagos üzemanyag-fogyasztás

$$b_b = \frac{B_b}{P_{eff}} = \frac{13\frac{kg}{h}}{40{,}46kW} = \underline{0{,}32\frac{kg}{kW \cdot h}}$$

d) A hűtővízzel távozott hő nagysága:

$$\eta_{hv} = \frac{W_{hv}}{W_{ö}} = \frac{W_{hv}}{P_{ö} \cdot t} \quad \rightarrow \quad W_{hv} = \eta_{hv} \cdot P_{ö} \cdot t = 0{,}35 \cdot 3600sec \cdot 155{,}64 \cdot 10^3 W =$$

$$= 196106400J = \underline{196{,}1MJ}$$

A kipufogó gázokkal égéstermékkel távozott hő nagysága:

$$\eta_{ét} = \frac{W_{ét}}{W_{ö}} = \frac{W_{ét}}{P_{ö} \cdot t} \quad \rightarrow \quad W_{ét} = \eta_{ét} \cdot P_{ö} \cdot t = 0{,}33 \cdot 3600sec \cdot 155{,}64 \cdot 10^3 W =$$

$$= 18490032J = \underline{184{,}9MJ}$$

75. Egy kazán rostélyfelülete A_f= 12 m^2, a fajlagos rostélyterhelés τ =180 kg/m^2.h, H_{sz}= 13 200 kJ/kg fűtőértékű szén tüzelésekor.

a) Állandó üzemben, egy hónap alatt (30 x 24 h), hány Mg szenet tüzelnek el (B_{sz} =?)?

b) A kazán η_k = 78% hatásfokú, a gőztermeléshez Δi=2900 kJ/kg hőmennyiséget kell közölni a tápvízzel. Hány kg szén szükséges 1 kg gőz termeléséhez ($B_{sz}/\dot{m}_g$=?)?

Megoldás:

A_f= 12 m^2

τ =180 kg/m^2.h

η_k = 78%

Δi=2900 kJ/kg

H_{sz}= 13200 kJ/kg.

B_{sz} =?; $B_{sz}/\dot{m}_g$=?

a) Az időegységre eső tüzelőanyag mennyiség a fajlagos rostélyterhelésből számolható:

$$B_{sz} = A_f \cdot \tau = 12m^2 \cdot 180\frac{kg}{m^2 \cdot h} = 2160\frac{kg}{h}$$

Egy hónap720 óra, így az eltüzelt szénmennyiség

$$B_{szh} = B_{sz} \cdot 720h = 2160\frac{kg}{h} \cdot 720h = \underline{1555Mg}$$

b) A gőztermelést ($\dot{m}_g$) a kazánhatásfokra vonatkozó összefüggésből kapjuk meg:

$$\dot{m}_g = \frac{B_{sz} \cdot H_{sz} \cdot \eta_k}{\Delta i} = \frac{2160\frac{kg}{h} \cdot 13200\frac{kJ}{kg} \cdot 0{,}78}{2900\frac{kJ}{kg}} = \underline{7669\frac{kg}{h}}$$

A keresett viszonyszám, dimenzió nélküli viszonyszám:

$$\frac{B_{sz}}{\dot{m}_g} = \frac{2160\frac{kg}{h}}{7669\frac{kg}{h}} = \underline{0{,}282\frac{kgszén}{kggőz}}$$

76. Számítsuk ki a z=4 hengeres, i=4 ütemű (i_4=1/2) belső égésű motor effektív teljesítményét ($P_e$ff=?), ha az indikált középnyomás p_i= 0,5886 MPa=0,5866.10^6 N.m^2, a löket s= 0,125 m, a dugattyú felülete A_d= 0,0095 m^2, a fordulatszám n= 2.10^3 min^{-1} a mechanikai hatásfok η_m= 87 %!

<u>Megoldás:</u>

z=4

i=4; (i_4=1/2) mert csak minden második ütemben van munkavégzés

p_i= 0,5886 MPa

s= 0,125 m

A_d= 0,0095 m^2

n= 2.10^3 min^{-1} =33,33/sec

<u>η_m= 87 %</u>

P_{eff} =?

A belsőégésű motor effektív teljesítménye:

$$P_{eff} = \eta_m \cdot p_i \cdot s \cdot A_{dug} \cdot n \cdot i_4 \cdot z =$$

$$= 0{,}87 \cdot 0{,}5889 \cdot 10^6 Pa \cdot 0{,}125m \cdot 0{,}0095m^2 \cdot 33{,}33sec^{-1} \cdot \frac{1}{2} \cdot 4 =$$

$$= 40155W = \underline{40{,}155kW}$$

77. Egy négyhengeres (z=4), négyütemű (i=4) Ottó-motor fordulatszáma n=4000/min. A motor effektiv teljesítmény P_{eff}= 36,4 kW. A dugattyúk középsebessége v_k=11,33 m/sec, a löket-furatviszony s/D=1,1.

a) Mekkora a motor lökete és hengerátmérője?(s=?, D=?)?

b) A mechanikai hatásfok értéke η_m=0,85.Mekkora a hengerekben uralkodó indikált középnyomás (p_i=?)?

78. Egy V_h = 250 cm^3 lökettérfogatú egyhengeres (z=1), kétütemű (i=2) versenymotor n=7000/min fordulatszámnál P_{eff} =30 kW teljesítményt ad le. A motor löket/furat viszonya s/D=0,9.

a) Mekkora az indikált középnyomás (p_i=?), ha a mechanikai hatásfok η_m =81%?

b) Mekkora a dugattyú közepes sebessége (v_k=?)?

79.Egy személygépkocsi $v_{átl}$= 80 km/h sebességgel haladva s= 100 km úton B_{100} =8 dm^3 benzint fogyaszt,amelynek sűrűsége ρ_b=750 kg/m^3. A fajlagos benzinfogyasztás b_b= 324,3 g/kW.h, A motor legnagyobb teljesítménye P_{max} = 47,8 kW.

a) Határozza meg a motor átlagteljesítményét ($P_{átl}$=?)

b) Számítsa ki az átlagos motor kihasználtságát ($\frac{P_{átl}}{P_{eff}}$ =?)

<u>Megoldás:</u>

$v_{átl}$= 80 km/h

s= 100 km

B_{100} =8 dm^3

ρ_b=750 kg/m^3.

b_b= 324,3 g/kW.h

<u>P_{max} = 47,8 kW.</u>

$P_{átl}$=?; $\frac{P_{átl}}{P_{eff}}$ =?

a) A 100 km út megtételének ideje:

$$t_{100} = \frac{s}{v_{átl}} = \frac{100\ km}{80\frac{km}{h}} = 1{,}25\ h$$

Az óránkénti benzinfogyasztás:

$$B_b = \frac{B_{100} \cdot \rho_b}{t_{100}} = \frac{8dm^3 \cdot 0{,}75 \frac{kg}{dm^3}}{1{,}25h} = 4{,}8 \frac{kg}{h}$$

Az átlagteljesítmény:

$$P_{átl} = \frac{B_b}{b_b} = \frac{4{,}8 \frac{kg}{h}}{324{,}3 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{kg}{kWh}} = \underline{14{,}8kW}$$

b) Az átlagos kihasználtság a legnagyobb teljesítményhez viszonyitva:

$$\frac{P_{átl}}{P_{eff}} \cdot 100 = \frac{14{,}8kW}{47{,}8kW} \cdot 100 = \underline{30{,}9\%}$$

80. Egy benzinüzemű személygépkocsi motorjának legnagyobb teljesítménye P_{max} = 41 kW, a fajlagos tüzelőanyag fogyasztása b_b= 315 g/kWh, a fogyasztása s = 150 km megtétele után B_{150}= 13,5 dm^3, v= 110 km/h sebesség mellett.

a) Határozza meg a motor átlagteljesítményét ($P_{átl}$=?)

b) Számítsa ki az átlagos motor kihasználtságát ($\frac{P_{átl}}{P_{eff}}$ =?)

7. VÍZTURBINÁK, SZÉLKEREKEK

81. Egy Pelton-turbinára érkező víz geodetikus esése h_o= 120 m. A nyomócsőben a veszteségmagasság h_v= 3,6 m. A turbina víznyelése q= 160 dm^3/s.

a) Mennyi a bevezetett összes teljesítmény (P_b=?)?

b) Mennyi a vízturbina tengelyén levehető hasznos teljesítmény (P_h=?), ha a hidraulikai hatásfok η_{hid}=0,95, a volumetrikus hatásfok η_v=0,97 és a mechanikai hatásfok η_m=0,92?

Megoldás:

h_o= 120 m

h_v= 3,6 m

q= 160 dm^3/s

$\rho_{víz}$=1000 kg/rn^3

η_{hid}=0,95

η_v=0,97

η_m= 0,92

P_b=?; P_h=?

a) A hasznosítható esés:

$$h = h_0 - h_v = 120\ m - 3{,}6\ m = 116{,}4\ m$$

A turbinába bevezetett teljesítmény:

$$P_b = q \cdot \rho_{víz} \cdot g \cdot h = 0{,}16 \frac{m^3}{sec} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81 \frac{m}{sec^2} \cdot 116{,}4m = 182701W = \underline{182{,}7kW}$$

b) A turbina tengelyén levehető hasznos teljesítmény:

$$P_h = P_b \cdot \rho_{hid} \cdot \rho_v \cdot \rho_m = 182{,}7kW \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}92 = \underline{154{,}9kW}$$

82. Határozza meg, hogy q= 500 m^3/sec térfogatáram (víznyelés) és h= 4,5 m esés esetén, η_t= 91 % turbina hatásfokkal, milyen nagy a Francis-turbina által hajtott villamos generátor (áramfejlesztő) tengelyén kifejtett teljesítmény (P_h=?).

83. A h_0= 12,5 m esésre és q= 0,09 m^3/s víznyelésre szerkesztett Bánki-turbina nyomócsövében az áramlási veszteség h_v= 0,5 m-re becsülhető. A vezetőcsatomából kilépő víz veszteségtényezője φ=0,95. A turbina hatásfoka η_t= 75 %.

a) Határozza meg a vezetőcsatornából kilépő szabad vízsugar sebességét (v_{ob}=?).

b) Mennyi a turbina hasznos teljesítménye (P_h=?)

Megoldás:

h_0= 12,5 m

q= 0,09 m^3/s

h_v= 0,5 m

φ=0,95

$\rho_{víz}$=1000 kg/rn^3

η_t= 75 %.

v_{ob}=?; P_h=?

a) A hasznosítható esés:

$$h = h_o - h_v = 12{,}5m - 0{,}5m = 12\ m$$

A vezetőcsatornából kilépő kilépő szabad vízsugár sebessége:

$$v_{ob} = \varphi \cdot \sqrt{2 \cdot g.h} = 0{,}95 \cdot \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \frac{m}{sec^2} \cdot 12m} = \underline{14{,}6 \frac{m}{sec}}$$

b) A turbina hasznos teljesítménye:

$$P_h = q \cdot \rho_{víz} \cdot g \cdot h \cdot \eta t = 0{,}09 \frac{m^3}{sec} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81 \frac{m}{sec^2} \cdot 12m \cdot 0{,}75 = 8277W = \underline{8{,}28kW}$$

84. Egy szélkerék átmérője d=8m, a levegő sebessége v_l=5m/sec a hatásfoka η_{sz} = 70%.

Mennyi a szélkerék hasznos teljesítménye (P_h=?)?

Megoldás:

d= 8 m

v_l= 5 m/sec

ρ_l=1,293 kg/rn^3

η_{sz} = 70%.

P_h=?

A szélkerék névleges felülete:

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{8^2 m^2 \cdot \pi}{4} = \underline{50{,}265m^2}$$

A szélkerék hasznos teljesítménye:

$$P_h = \eta_{sz} \cdot A \cdot \rho_l \cdot \frac{v_l^3}{2} = 0{,}7 \cdot 50{,}265\mathrm{m}^2 \cdot 1{,}293\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \cdot \frac{5^3\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{sec}^3}}{2} = 2843\mathrm{W} = \underline{2{,}843\mathrm{kW}}$$

85. Egy szélkerék átmérője d= 8 m, a levegő sebessége v_l=8m/sec a hatásfoka η_{sz} = 70%. Mennyi a szélkerék hasznos teljesítmény (P_h=?), ha a levegő sűrűsége ρ_l=1,2 kg/rn^3 ?

86. A Pelton-turbina járókerekére q= 280 m^3/min vízmennyiség érkezik a tőle h_o= 125 m magasra fekvő tóból. A vizet szállító csővezeték hossza l= 210 m, az átlagos csősúrlódási tényező λ=0,03 értékű.

a) Ha a csővezeték megengedett hatásfoka $\eta_{cső}$ = 95 %, milyen átmérőjű legyen a cső ($d_{cső}$=?)?

b) Mennyi a turbina bevezetett teljesítménye (P_b=?)?

c) Mennyi a turbina összhatásfoka, ha az általa hajtott η_g= 93 % hatásfokú váltóáramú generátor P_{gh}= 4,25 MW villamos teljesítményt szolgáltat (η_t=?)?

d) Mennyi az energiaátalakítás összhatásfoka ($\eta_ö$=?)?

<u>Megoldás:</u>

q= 280 m^3/min =4,66 m^3/sec

$\rho_{víz}$=1000 kg/rn^3

h_o = 125 m

λ=0,03

l= 210 m ν

$\eta_{cső}$ = 95 %

η_g= 93 %

ν= 1- $\eta_{cső}$ =1-0,95=0,05

<u>P_{gh}= 4,25 MW</u>

$d_{cső}$=?; P_b=?; η_t=?; $\eta_ö$=?

a) A hasznosítható esés nagysága:

$$h = h_o - h_v = h_o \cdot (1 - \nu) = 125\ m \cdot (1 - 0{,}05) = 118{,}75m$$

A veszteségmagasság a térfogatáram négyzetével kifejezve:

$$h_v = K \cdot \frac{l}{d^5} \cdot q^2, \quad ahol \quad K = \frac{8 \cdot \lambda}{\pi^2 \cdot g} = \frac{8 \cdot 0{,}03}{\pi^2 \cdot 9{,}81 \frac{m}{sec^2}} = 0{,}0025 \frac{sec^2}{m}$$

$$d_{cső} = \sqrt[5]{\frac{K \cdot l \cdot q^2}{h_v}} = \sqrt[5]{\frac{0{,}0025 \frac{sec^2}{m} \cdot 210m \cdot 4{,}66^2 \cdot \left(\frac{m^3}{sec}\right)^2}{6{,}25m}} = \underline{1{,}128m}$$

b) A bevezetett teljesítmény:

$$P_b = q \cdot \rho_{víz} \cdot g \cdot h = 4{,}66 \frac{m^3}{sec} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81 \frac{m}{sec^2} \cdot 118{,}75m = \underline{5{,}43 \cdot 10^6 W}$$

c) A turbina összhatásfoka meghatározásához a generátor befektetett teljesítményét kell meghatározni:

$$\eta_g = \frac{P_{gh}}{P_{gb}} \quad \rightarrow \quad P_{gb} = \frac{P_{gh}}{\eta_g} = \frac{4{,}25MW}{0{,}93} = 4{,}57MW$$

A turbina összhatásfoka az előzőek ismeretében:

$$\eta_t = \frac{P_{gb}}{P_b} = \frac{4{,}57MW}{5{,}43MW} = 0{,}84 = \underline{84\%}$$

d) Az energiaátalakítás összhatásfoka:

$$\eta_ö = \eta_{cső} \cdot \eta_g \cdot \eta_t = 0{,}95 \cdot 0{,}93 \cdot 0{,}84 = 0{,}742 = \underline{74{,}2\%}$$

8. VÉGEREDMÉNYEK

Feladat száma	Végeredmények
3	a) $x_á$ =54% b) η_a = 26,25%
8	a).η_a = 26,25% b) $b_{0,5}$=0,44 kg/kWh
16	a) E_m= 2875 J b) t_l=1,13 sec
18	a) ε= 96,97 1/sec^2 b) t=4,53 sec c).E_m= 159430 J
19	a).M_f= 282 Nm b) t_l= 8,7 min c).i= 1303
23	a) M_s= 32 Nm b) M_f= 39,1 Nm c) t= 4,56 min
27	a) p_t =167 kPa b) h_1 = 17 m
29	$\Delta p=p_1-p_2$= 320 kPa
30	a) p_z =131,8 kPa b) p_a = 135,2 kPa
33	F= 26,51 kN
36	a) p_z =1,72 MPa b) F= 1,944 kN c) η = 81%

37	a) F= 15,8 kN; lefelé $b)\ \frac{D^2}{d^2} = \frac{h}{x} + 1$
40	q= 0,002 m^3/sec
43	q= 5,64 m^3/sec
44	a) A_2 = 426 mm^2 b) p_2 = 99382 Pa
45	a) v_1 = 3,77 m/sec b) V= 2714 m^3 c) h= 0,169 m
48	F_i= 74 N
50	a) P_h= 7,06 kW b) M= 2,12 kNm
52	a) M= 20,7 Nm; P= 542 W b) n_{opt} = 5,97 sec^{-1}; P_{max}= 596 W
55	q= 0,015 m^3/sec= 15 dm^3/sec
57	a) P_b= 13,9 kW b) P_h= 7,46 kW
59	a) v_2 = 24,26 m/sec b) F_d= 175,6N c) P_i= 2,14 kW; P_b= 3,05 kW
62	a) $\Delta p_ö$ = 7500 Pa b) p_2= 105,5 kPa
64	W_{iz}= 762,5 J; P_b= 9,34 kW
65	a) P_b= 1,71 kW b) v= 34,7 m/sec d_1= 254 mm

67	a) η_k = 79,6%
69	A_f= 8000 m^2
71	$\dot{m}_g$= 9970 kg/h
73	a) η_{gcs} = 65% b) P_{eff}= 391 kW c) b_g = 8,95 kg/kW·h
77	a) s= 85 mm; D= 77 mm b) p_2 = 8,11 bar= $8{,}11 \cdot 10^5$ Pa
78	a) p_i =12,7 bar b) v_k= 14,84 m/sec
80	a) P_{alk}= 23,3 kW b) $\frac{P_{átl}}{P_{eff}} \cdot 100 = 56{,}7\%$
82	P_h= 20,086 kW
85	P_h= 10,8 kW

FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM

[1] Általános Géptan www.sze.hu/~triesz/Általános%20géptan/alt_geptan_peldatar.pdf 2018. 02. 10

[2] Gépészmérnöki alapismeretek példatár www.sze.hu/~triesz/Általános%20géptan/bme_peldatar.pdf 2018. 02. 15

[3] TERPLAN Zenó, LENDVAY Pál: Általános géptan Nemzeti Tankönyvkiadó Budapest 1998

[4] DEMÉNY J.-KÓSA L.-KOVÁCS A.-Kullmann L.: Általános géptan példatár Műegyetemi Kiadó Budapest 1997

[5] PATTANTYUS-Á. Géza: A gépek üzemtana Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983

[6] NAGY Géza: Általános géptan példatár I. Oktatási segédlet. Debreceni Egyetem 2007

[7] NAGY Géza: Általános géptan példatár II. Oktatási segédlet. Debreceni Egyetem 2007

[8] 108 III rész. Hidraulikai számítások

www.petrik.hu/files/.../3%20Hidraulikai%20számítások_molnár%20ferenc.pdf 2018.03.20