

Gépészmérnöki alapismeretek példatár

(A borítóra kerülő "fülszöveg")

Ez a jegyzet a Budapesti Műszaki Egyetemen az elsőéves gépészmérnök hallgatók számára ajánlott, a Gépészmérnöki alapismeretek című tantárgyhoz kapcsolódó példákat tartalmazza. A tantárgy több évtizedes múltra tekint vissza, bevezetése az oktatási programba Pattantyús Ábrahám Gézának, a neves műegyetemi professzornak köszönhető.

A tantárgy sokat változott az idők folyamán, de célja változatlan maradt: a természettudomány alapismereteit tanuló elsőéves hallgatókat megismertetni leendő hivatásukkal.

A példák a műszaki gyakorlathoz kapcsolódnak. A középiskolai fizika példákhoz hasonlóak, de megoldásuk új szemléletre, mérnöki gondolkodásmódra nevel. A legtöbb esetben vázlatot kell készíteni, mérlegelni kell a lehetséges pontosságot, amelynek helyességét az eredménytárból ellenőrizhetjük. Vizsgára készüléskor ajánlatos a kidolgozott feladatokat tanulmányozni. A példák a mérnöki tevékenység nagy területéről – az egyszerű mechanikai feladatoktól a gépcsoport üzeméig – nyújtanak átfogó képet.

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

Tanszéki Munkaközösség

**GÉPÉSZMÉRNÖKI ALAPISMERETEK
PÉLDATÁR**

2014

A jegyzet szerzői:

*Dr. Demény Judit,
Dr. Kósa Levente,
Dr. Kovács Attila,
Dr. Kullmann László*

*A jegyzetet javították a
BME Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék munkatársai*

*Az ábrákat digitalizálta
Abai Anna gépészmérnök hallgató*

ELŐSZÓ

Ez a példatár a Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Karán az I. éves gépészmérnök hallgatóknak oktatott Gépészmérnöki alapismeretek c. tantárgyhoz kapcsolódik.

A bevezetésben a használandó mértékegységeket foglaltuk össze. Az itt közölt előírásokat, átszámítási lehetőségeket vegyük figyelembe a feladatok megoldása során!

Az anyaghoz kapcsolódó feladatokat az előadással, illetve a Gépészmérnöki Alapismeretek című tárgy tematikájával összhangban csoportosítottuk fejezetekbe. Minden fejezetben található néhány részletesen kidolgozott feladat is. Az ezekben alkalmazott módszer és gondolatmenet például szolgál, illetve segítséget ad a fejezet többi példájának megoldásához.

Az eredménytárban a feladatok megoldását közöljük az adott esetben szükséges pontossággal. Ábrákat, diagramokat azonban nem adunk meg, a feladat éppen azok önálló megrajzolása.

Budapest, 2011. január

A Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék munkatársai

BEVEZETÉS

Az e példatárban található feladatok a Magyarországon 1980. január 1-től (MSZ 4900. Fizikai mennyiségek neve, jele és mértékegységek) **nemzetközi mértékegységrendszerben** készültek, amelyet francia nevének (Systeme International Unites) kezdőbetűi alapján SI rendszernek, vagy alapegységei neve szerint MKSAKC-rendszernek neveznek.

Az **alapegységeket** az **I.táblázat** tartalmazza.

A mértékrendszer ezeken kívül két további független kiegészítő egységet ad, amelyeket a **II. táblázatban** közlünk.

A fizikai mennyiségek nem függetlenek egymástól. A közöttük lévő kapcsolat alapján további egységek vezethetők be. Ezek az alap- és kiegészítő egységekből **származtatott egységek**.

Származtatott egység pl. a sebesség **m/s** és a gyorsulás **m/s²** egysége. A származtatott egységek az alap- és kiegészítő egységek megfelelő hatványának szorzatai és hányadosai.

A gépészmérnöki gyakorlatban talán leggyakrabban előforduló fizikai mennyiség **az erő**. A szintén származtatott SI- egységének neve **newton** (VI. táblázat), kifejezve az alapegységekkel:

$$1\text{N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

A tömeg és a gyorsulás között lévő kapcsolat, amelynek alapján az erő egységét levezetjük, Newton II. törvénye,

$$F = m \cdot a$$

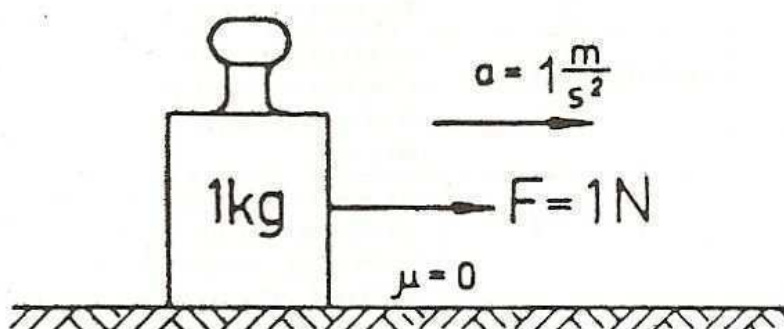
$F = 1$ newton az az erő, amely $m = 1$ kg tömeget $a = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ gyorsulással gyorsít **(1. ábra)**.

I. TÁBLÁZAT

Az alapmennyiség neve	Az alapegység		
	neve	jele	meghatározása
hosszúság	méter	m	A méter a kripton 86 atom $2p_{10}$ és $5d_5$ energiaszintjei közötti átmenetnek megfelelő, vákuumban terjedő sugárzás hullámhosszúságának $1\,650\,763,73$ -szorosa.
tömeg	kilogramm	kg	A kilogramm az 1889. évben Párizsban megtartott Első Általános Súly- és Mértékügyi Értekezlet által a tömeg nemzetközi etalonjának elfogadott, a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatalban, Sèvres-ben őrzött platina-iridium henger tömege.
idő	másodperc	s	A másodperc az alapállapotú cézium-133 atom két hiperfinom energiaszintje közötti átmenetnek megfelelő sugárzás $9\,192\,631\,770$ periódusának időtartama.
(elektromos) áramerősség	amper	A	Az amper olyan állandó elektromos áram erőssége, amely két párhuzamos, egyenes, végtelen hosszúságú, elhanyagolhatóan kicsi körkeresztmetszetű és vákuumban egymástól 1 méter távolságban lévő vezetőben áramolva, e két vezető között méterenként $2 \cdot 10^{-7}$ newton erőt hoz létre.
termodinamikai hőmérséklet	kelvin	K	A kelvin a víz hármaspontja termodinamikai hőmérsékletének $\frac{1}{273,16}$ -szorosa
anyagmennyiség	mól	mol	A mól annak a rendszernek az anyagmennyisége, amely annyi elemi egységet tartalmaz, mint ahány atom van $0,012$ kilogramm szén 12-ben. Az elemi egység fajtáját meg kell adni, ez atom, molekula, ion, elektron stb., vagy ilyeneknek meghatározott csoportja lehet.
fényerősség	kandela	cd	A kandela a fekete sugárzó $1/600\,000$ négyzetméternyi felületének fényerőssége, a felületre merőleges irányban, a platina dermedési hőmérsékletén, $101\,326$ pascal nyomáson.

II. TÁBLÁZAT

A mennyiség neve	A kiegészítőegység		
	neve	jele	meghatározása
síkszög, szög	radián	rad	A radián a kör sugarával egyenlő hosszúságú körívhez tartozó középponti szög.
térszög	szteradian	sr	A kilogramm az 1889. évben Párizsban megtartott Első Általános Súly- és Mértékügyi Értekezlet által a tömeg nemzetközi etalonjának elfogadott, a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatalban, Sèvres-ben őrzött platina-iridium henger tömege



1. ábra

Ki kell térnünk itt **három** régebben használatos, **nem SI-mértékegységre** is.

1. Az **erő** ilyen egysége a **kilopond**, az 1 kg tömeg súlya, azaz a ráható nehézségi erő, megegyezés szerint a 45. szélességi fokon a tengerszint magasságában. Itt a nehézségi gyorsulás értéke

$$g = 9,80665 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, \text{ kerekén } g \approx 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2},$$

azaz Newton II. törvénye értelmében

$$1 \text{ kp} = 9,80665 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \approx 9,81 \text{ N}.$$

Az erőnek ezt az egységét tehát a **Föld nehézségi erőterének** felhasználásával vezették be (**2.ábra**).

2. A **nyomás** egysége a **technikai atmoszféra**, amely az előbbi kilopondból származtatható

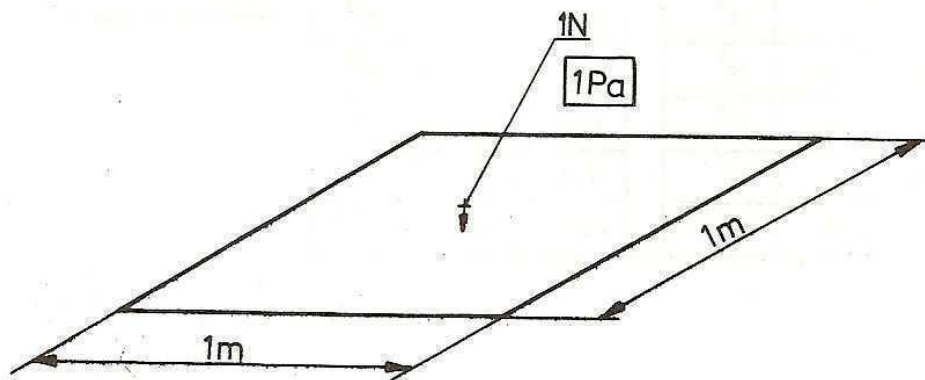
$$1 \text{ at} = 1 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}.$$

A légköri nyomás közelítőleg egy technikai atmoszféra nyomással egyenlő és $\pm 5\%$ -kal ingadozik. Ez a kapcsolat érzékelhető nagyságúvá teszi az **at** nyomásegységet, és ennek köszönhető széleskörű használatát.

A technikai atmoszféra kerekén 98 100-szor nagyobb egység, mint az SI-rendszerben adott alapegység, a **pascal**:

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$$

A két egység közötti viszonyt a **3. ábra** szemléleti.



3.ábra

3. Ugyancsak **nyomás** egység a **torr**,

$$1 \text{ torr} = 133,32 \text{ Pa},$$

az 1 mm magas higanyoszlop nyomása a **Föld normál nehézségi erőterében**.

Az eddigiekben is használtuk azt az ismert tényt, hogy a fizikai mennyiség szorzatként fogható fel, azaz

$$\text{mennyiség} = \text{mérőszám} \times \text{mértékegység}.$$

A mennyiség kifejezésekor célszerű olyan egységet választani, hogy a mérőszám 0,1 és 1000 között legyen. Ez úgy valósítható meg, hogy az egység többszörösét, vagy törtrészét képezzük 10-nek megfelelő hatványaival. E decimális többszörösök nevét úgy kapjuk, hogy az egység neve elé illesztjük a megfelelő **prefixumot (III.táblázat)**.

III. TÁBLÁZAT

Neve	Jele	Szorzó		Neve	Jele	Szorzó
exa	E	10^{18}		deci	d	10^{-1}
peta	P	10^{15}		centi	c	10^{-2}
tera	T	10^{12}		milli	m	10^{-3}
giga	G	10^9		mikro	μ	10^{-6}
mega	M	10^6		nano	n	10^{-9}
kilo	k	10^3		piko	p	10^{-12}
hekto	h	10^2		femto	f	10^{-15}
deka	da	10^1		atto	a	10^{-18}

Megjegyzés: A hekto, deka, deci és centi prefixumok csak meghatározott mértékegységekkel használhatók (hl, dag = dkg, dm, dl, cl, cm, cg).
Egyes SI-n kívüli mértékegységek prefixummal nem használhatók

Az SI-mértékegységrendszer származtatott egységeit az MSZ 4900-as szabványsorozat (Fizikai mennyiségek jele, neve, és mértékegysége) tartalmazza. A tíz lapból álló sorozat a fizika minden ágát felöleli. A **IV. táblázatban** a tér és időmennyiségekre vonatkozó részt, az **V., VI., és VII. táblázatban** a többi, a példatárban használt mennyiségekkel foglalkozó sorokat közöljük. E táblázatok "Megjegyzések" oszlopában találunk utalásokat az illető mennyiség nem SI-egységeire is. Az SI-n kívüli, korlátozás nélkül használható mértékegységeket a **VIII.**, az SI-n kívüli, kizárólag meghatározott szakterületen használható mértékegységeket a **IX. táblázatban** foglaltuk össze. A különféle mértékegységek közötti átszámításokról tájékoztat a **X. táblázat**.

Számításaink során a mennyiségek jelölésére gyakran használunk görög betűket. Ezek írásmódja és neve a **XI. táblázatban** található.

A **mérőszámról** említettük, célszerű nagyságrendjét a prefixummal "állíthatjuk" be. Tudnunk kell ezen kívül, hogy a kiírandó (tizedes-) jegyek száma, azaz a mérőszám pontossága, a kiinduló adatok pontosságától függ. Így a zsebszámológép által szolgáltatott nagyszámú (tizedes-) jegyek megadása legtöbbször felesleges, sőt hibás, mert téves feltételezésekre vezet az **eredmény pontosságát** illetően. Az eredménytárban közölt (tizedes-) jegy számot ilyen szempontból mértékadónak tekinthetjük.

IV. TÁBLÁZAT

A mennyiség							
neve	jele	értelmezése	Az SI egység				
			neve	jele	ajánlott	megengedett	kifejezése az alapegységekkel
					többszörösei		
2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
terület	A,(S)	-	-	m ²	km ² , mm ²	dm ² ,cm ²	m ²
térfogat, köbtartalom	V	-	-	m ³	mm ³	dm ³ ,cm ³	m ³
szögsebesség	ω	$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$	-	rad/s	-	-	s ⁻¹
szöggyorsulás	α, (ε)	$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$	-	rad/s ²	-	-	s ⁻²
sebesség	v, (u, w,c)	$v = \frac{ds}{dt}$	-	m/s	-	-	m·s ⁻¹
gyorsulás nehézségi gyorsulás	a g	$a = \frac{dv}{dt}$	-	m/s ²	-	-	m·s ⁻²

V. TÁBLÁZAT

A mennyiség							
neve	jele	értelmezése	Az SI egység				
			neve	jele	ajánlott	megen- gedett	kifejezése az alapegysé- gekkel
					többszörösei		
2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
sűrűség	ρ	Tömeg osztva a térfogattal	-	kg/m ³	Mg/m ³	kg/dm ³ g/cm ³	m ⁻³ ·kg
mozgás- mennyiség	I, p	A tömeg és a sebesség szorzata	-	m·kg/s	-	-	m·kgs ⁻¹
tehetetlenség i nyomaték	Θ, J	Egy test tengelyre számított tehetet- lenségi nyomatéka: a tömegelemek és a tengelytől mért tá- volságuk négyze- tének szorzat összege (integrálja)	-	m ² kg	-	-	m ² kg
erő	F	$F = \frac{dI}{dt}$	newton	N	MN kN	-	mkgs ⁻²
súlyerő	G	$G = mg$					
erőnyomaték	M	Pontra számítva: a hatásvonalhoz húzott vektor és az erő vektoriális szorzata	-	N·m	MN·m kN·m mN·m μN·m	-	m ² ·kg·s ⁻²
munka	W L	Az erő és az irányába eső elmozdulás szorzata	joule	J	TJ GJ MJ kJ mJ	-	m ² kgs ⁻²
energia	E, W	Munkavégző képesség					
helyzeti energia	E _p , U	-					
mozgási energia	E _k K, T						
teljesítmény	P	$P = \frac{W}{t}$	watt	W	GW, MW, kW, mW, μW	-	m ² kgs ⁻³

VI. TÁBLÁZAT

A mennyiség							
neve	jele	értelmezése	Az SI egység				
			neve	jele	ajánlott	megen- -gedett	kifejezése az alapegysé- -gekkel
					többszörösei		
2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
nyomás	p	$P = \frac{F}{A}$	pascal	Pa	GPa,MPa kPa,mPa μPa	-	m ⁻¹ kgs ⁻²
normális feszültség	σ	A felületre merőleges erő összetevő osztva a területtel					
csúsztató feszültség	τ	A felületbe eső erő összetevő osztva a területtel					
periódusidő (rezgésidő)	T	Egy rezgés időtartama	másod- -perc	s	ms, μs, ns	-	s
frekvencia	f, ν	$f = \frac{1}{T}$	hertz	Hz	PHz,GHz MHz,kHz	-	s ⁻¹
fordulatszám	n	A fordulatok száma osztva az idővel					
körfrekvencia	ω	$\omega = 2\pi f$	-	rad/s	krad/s	-	s ⁻¹
tömegáram	q _m	A felületen áthaladó tömeg osztva az idővel	-	kg/s	-	-	kg s ⁻¹
térfogatáram	q _v	A felületen áthaladó közeg térfogata osztva az idővel	-	m ³ /s	-	-	m ³ s ⁻¹
rugóállandó	c	A rugó hosszváltozásának és az ezt előidéző erőnek a viszonya	-	m/N	mm/N	cm/N	kg ⁻¹ s ²

VII. TÁBLÁZAT

A mennyiség							
neve	jele	értelmezése	Az SI egység				
			neve	jele	ajánlott	Meg- en- gedett	kifejezése az alap- és kiegészítő egységekkel
					többszörösei		
2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
fajlagos belső energia	u, (e)	$u = \frac{U}{m}$	-	J/kg	MJ/kg, kJ/kg	-	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
fajlagos entalpia	h, (I)	$h = \frac{H}{m}$					
hő, hőmennyiség	Q	-	joule	J	TJ,GJ MJ,kJ mJ	-	$\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$
fajlagos hőkapacitás, fajhő	c	$c = \frac{C}{m}$	-	J/(kgK)	kJ/(kgK)	-	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
(Celsius) hőmérséklet	t θ	$t = T - T_0$ $(T_0 = 273,16K)$	-	-	-	-	K

VIII. TÁBLÁZAT

Mennyiség	Mértékegység		
	neve	jele	kifejezése SI-egységekkel
tömeg	tonna	t	$1\text{ t} = 1\text{ Mg} = 10^3\text{ kg}$
idő	perc	min	$1\text{ min} = 60\text{ s}$
	óra	h	$1\text{ h} = 60\text{ min} = 3600\text{ s}$
	nap	d	$1\text{ d} = 24\text{ h} = 1440\text{ min} = 86400\text{ s}$
hőmérséklet	Celsius-fok	°C	$0\text{ °C} = 273,16\text{ K}$
síkszög	fok	°	$1\text{ °} = (\pi/180)\text{ rad}$
	perc (ívperc)	'	$1\text{ '} = 1\text{ °}/60 = (\pi/10\,800)\text{ rad}$
	másodperc (ívmásodperc)	''	$1\text{ ''} = 1\text{ '}/60 = 1\text{ °}/3600 = (\pi/648\,000)\text{ rad}$
térfogat (űrtartalom)	liter	l	$1\text{ l} = 1\text{ dm}^3 = 10^{-3}\text{ m}^3$
sebesség	kilométer per óra	km/h	$1\text{ km/h} = (1/3,6)\text{ m/s}$
munka, energia	wattóra	W·h	$1\text{ W·h} = 3,6\text{ kJ} = 3600\text{ J}$

A fenti időegységeken kívül naptári időegységek: a hét, a hónap, az év.

IX. TÁBLÁZAT

Mennyiség	Mértékegység			Szakterület
	neve	jele	kifejezése SI-egységekkel	
hosszúság	tengeri mérföld		= 1852 m	hajózás
	csillagászati (asztrológiai egység)		= $1,496 \cdot 10^{11}$ m	csillagászat
	parsec	pc	= $3,0857 \cdot 10^{16}$ m	
	fényév		= $9,460 \cdot 10^{15}$ m	
tömeg	atomi tömegegység	u	$1,66057 \cdot 10^{-27}$ kg	atomfizika
síkszög	gon, újfok	gon	= $(\pi / 200)$ rad	geodézia
terület	hektár	ha	= 10^{-2} km ² = 10^4 m ²	földterület
nyomás	bar	bar	= 0,1 MPa = 10^5 Pa	folyadék, gáz
energia	elektronvolt	eV	= $1,602 \cdot 10^{-19}$ J	atomfizika
teljesítmény	voltamper	VA	= 1 W	látszól. } villamos meddő } teljesítm.
	var	var	= 1 W	

X. TÁBLÁZAT

Erőegységek összefüggései

		N	kN	kp	Mp
1 newton	=	1	10^{-3}	0,102	$0,102 \cdot 10^{-3}$
1 kilonewton	=	10^3	1	102	0,102
1 kilopond	=	9,807	$9,81 \cdot 10^{-3}$		
1 megapond	=	9807	9,81		

Nyomásmértékegységek összefüggései

		Pa	bar	at, kp/cm ²	atm	Torr	mmH ₂ O
1 pascal=1N/cm ²	=	1	10^{-5}	$0,102 \cdot 10^{-4}$	$0,987 \cdot 10^{-5}$	$0,75 \cdot 10^{-2}$	0,102
1 bar	=	10^5	1	1,02	0,987	750	$1,02 \cdot 10^4$
1 at=1 kp/cm ²	=	$0,981 \cdot 10^5$	0,981				
1 atm (fizikai atm)	=	$1,013 \cdot 10^5$	1,013				
1 Torr=1 mmHg	=	133,3	$1,33 \cdot 10^{-3}$				
1 mmH ₂ O =1 kp/cm ²	=	9,81	$9,81 \cdot 10^{-5}$				

Teljesítmények összefüggései

		W	kW	kp·m/s	LE
1 watt= 1 J/s= 1 N·m	=	1	10^{-3}	0,102	$1,36 \cdot 10^{-3}$
1 kilowatt	=	10^3	1	102	1,36
1 kp·m/s	=	9,807	$9,81 \cdot 10^{-3}$		
1 LE	=	735,5	0,7355		

Munka, energia, hőmennyiség egységeinek összefüggései

		J	W·h	kW·h	cal	kp·m	LE·h
1 J =1 N·m	=	1	$2,78 \cdot 10^{-4}$	$2,87 \cdot 10^{-7}$	0,2388	0,102	$3,78 \cdot 10^{-7}$
1 W·h	=	3600					
1 kW·h	=	$3,6 \cdot 10^6$					
1 cal	=	4,187					
1 kp·m	=	9,807					
1 LE·h	=	$2,648 \cdot 10^6$					

Régi, nem törvényes mértékegységek:

dyn (1 dyn = 10^{-5} N); erg (1 erg = 10^{-7} J)

XI. TÁBLÁZAT

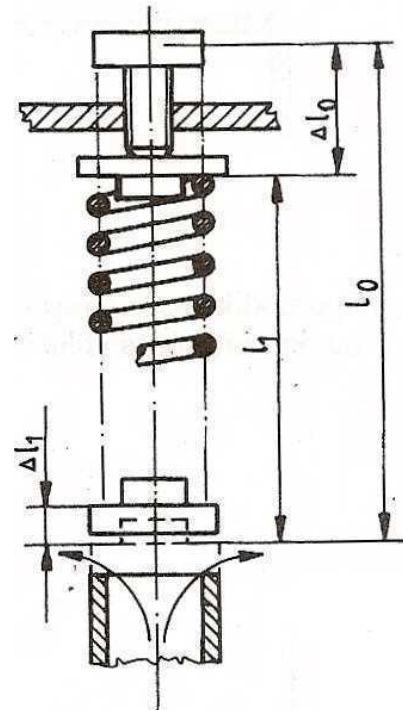
A, α	alfa	N, ν	nű
B, β	béta	Ξ , ξ	kszi
Γ , γ	gamma	O, $\omicron$	omikron
Δ , δ	delta	Π , π	pi
E, ϵ	epszilon	P, ρ	ró
Z, ζ	dzéta	Σ , σ	szigma
H, η	éta	T, τ	tau
Θ , θ	théta	Y, υ	üpszilon
I, ι	iota	Φ , ϕ	fi
K, κ	kappa	X, χ	khi
Λ , λ	lambda	Ψ , ψ	pszi
M, μ	mű	Ω , ω	omega

I. A GÉPEK EGYENLETES ÜZEME

1. példa

A 4. ábrán látható rugóterhelésű biztonsági szelep rugójának szerelési hossza a szelep zárt állapotában $l_1 = 8$ cm. 450 N erő hatására a szeleptányér nyit és $\Delta l_1 = 1$ cm-es szelepemelkedés után a rugóra 520 N erő hat.

- Mekkora a rugóállandó?
- Milyen hosszú a rugó szerelés előtti állapotban?
- Rajzolja meg a rugóra ható összenyomó erőt a rugó hosszának függvényében! Az abszcisszatengelyen 1 cm jelentsen 1 cm rugóhosszat, az ordináta tengelyen 1 cm 100 N erőnek feleljen meg!



4. ábra

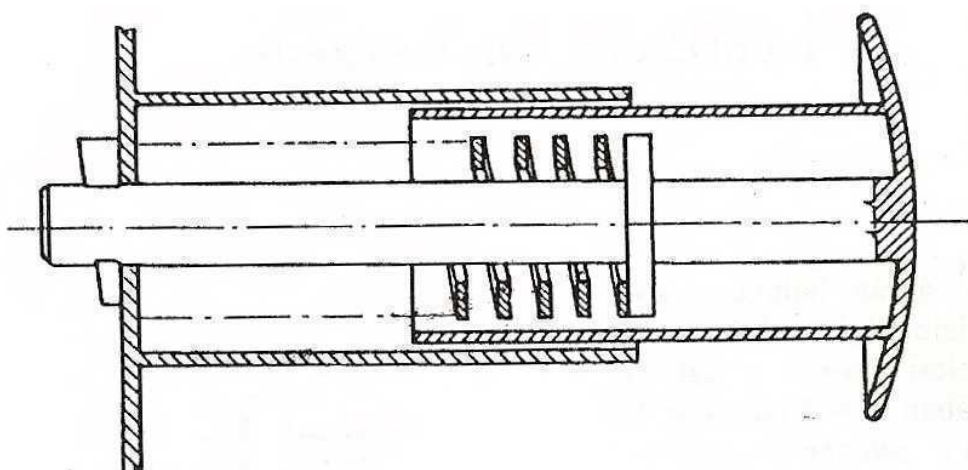
2. példa

Gyorsvonati szerelvény egyik kocsijának az 5. ábrán látható ütközőjére fékezéskor 370 kN erő hat. Az ütközőbe épített tekercsrugó rugóállandója 0,00018 mm/N.

- Milyen előfeszítő erő ébred a rugóban, ha 0,8 cm-rel összenyomott állapotban szerelik az ütközőbe?
- Mekkora a rugó további összenyomódása fékezéskor?
- Mennyi a rugóban elraktározandó munka a fékezés folyamán?

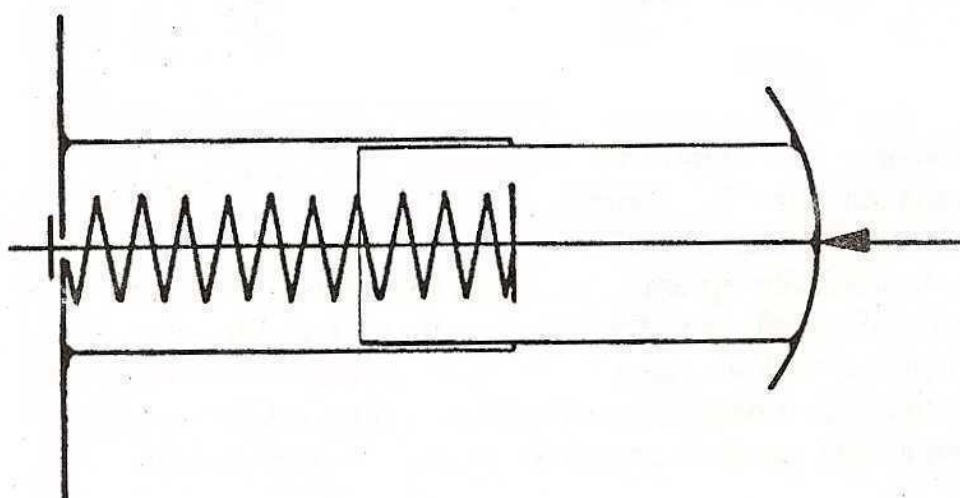
3. példa

Vasúti kocsinak a 6. ábrán látható ütközőjébe épített tekercsrugóban 44,5 kN előfeszítő erő ébred. A rugó állandója 0,18 mm/kN. Az ütközőre fékezéskor 370 kN erő hat.



5. ábra

Mennyit nyomódik össze a rugó fékezéskor?
Mennyi munka szükséges ehhez?



6. ábra

K i d o l g o z á s:

A feladat megoldását a rugóerő (F) - összenyomódás (Δl) diagramon szemléltetjük. (7. ábra).

A rugó-jelleggörbe meredeksége $1/c$, c a rugóállandó.

Így

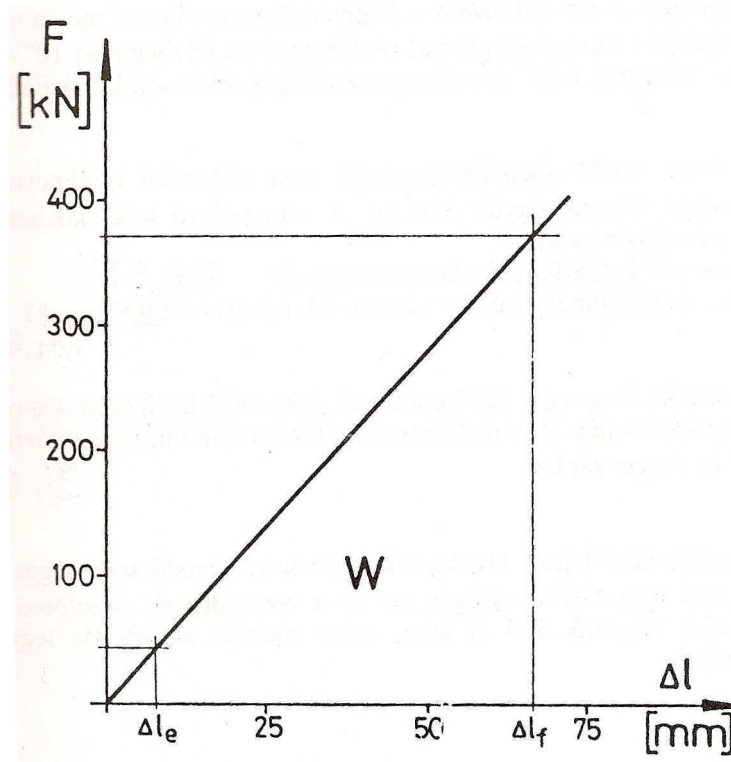
$$F = \frac{1}{c} \Delta l.$$

Számítsuk ki a rugó Δl_e összenyomódását előfeszítéskor!

$$\Delta l_e = c F_e = 0,18 \text{ mm/kN} \cdot 44,5 \text{ kN} = 8,0 \text{ mm}.$$

Fékezéskor a rugóra $F_f = 370 \text{ kN}$ erő hat, ennek hatására a rugó összenyomódása

$$\Delta l_f = c F_f = 0,18 \text{ mm/kN} \cdot 370 \text{ kN} = 66,6 \text{ mm}.$$



7. ábra

Mivel szerelt állapotban a rugó Δl_e -vel össze van nyomva, a rugó Δl összenyomódása fékezéskor

$$\Delta l = \Delta l_f - \Delta l_e = 66,6 \text{ mm} - 8,0 \text{ mm} = \mathbf{58,6 \text{ mm}}$$

A második kérdés az összenyomáshoz szükséges (rugalmas energia formájában tárolt) W munka. W a rugóerő-görbe alatti területtel arányos a $\Delta l_f - \Delta l_e$ hosszúságú szakaszon.

$$W = \frac{F_e + F_f}{2} (\Delta l_f - \Delta l_e) = \frac{44,5 \text{ kN} + 370 \text{ kN}}{2} 0,0586 \text{ m} = \mathbf{12,14 \text{ kJ}}$$

4. példa

150 kg tömegű farönköt húzunk vízszintes földúton, súlypontjánál átvett hűzőláncsal. A pálya ellenállástényezője 0,48.

- Határozza meg a vízszintessel α szöget bezáró hűzőlánc végén kifejtendő erőt $\alpha = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ esetén! A számítást táblázatosan végezze!
- Rajzolja meg az erő változását α függvényében és keresse meg a minimális erő kifejtéshez tartozó szögállást! (A diagramban feleljen meg 10° -nak 1 cm és 20 N-nak 1 cm, az erő tengelyen 600 N-tól kezdjük a skálát!)

5. példa

Vízszintes, 0,035 ellenállástényezőjű úton kétkerekű kézikocsit tolunk, melynek tömege teherrel együtt 320 kg. A mozgóerő tolás közben 30° -os szöget zár be a vízszintessel.

- Mekkora erőt kell kifejteni a kocsitoláshoz?
- Mekkora a teljesítményünk, ha a kocsit 4 km/h sebességgel toljuk?

6. példa

Számítsa ki, hogy egy 120 kg tömegű, kétkerekű kézikocsit 4%-os, 0,028 ellenállástényezőjű lejtőn mekkora erővel lehet feltolni, ha a tolóerő a lejtő síkjával 30° -os szöget zár be!

7. példa

6% emelkedésű lejtőn 110 kg tömegű kocsit állandó sebességgel tolunk fölfelé. A kocsit 30° -os szöget zár be a vízszintessel. A tolóerő 240 N. Mennyi munkát végzünk 500 m úton, ebből mennyi a súrlódás legyőzésére fordított munka?

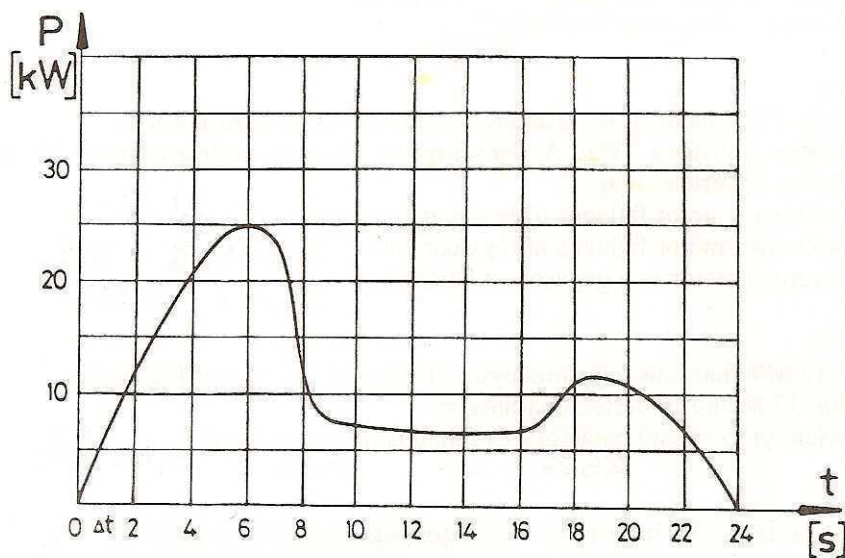
8.példa

Személygépkocsi 1 óra 10 perc alatt tesz meg egy utat. A végzett munka 180,6 MJ. Mennyi az átlagos teljesítményszükséglet, és mekkora a kocsira ható ellenállási erő 100 km/h haladási sebesség esetén?

9.példa

A 8.ábrán egy jármű teljesítménye látszik az idő függvényében.

- Mennyi a munkavégzés? (A területszámítás közelítő módja az ún. trapézsabály, amely szerint jelen esetben a terület a 13 ordináta összege szorozva egy részintervallum Δt hosszúságával).
- Mekkora az átlagteljesítmény?



8. ábra

10.példa

Egy gépkocsi motorja 22 kW teljesítményt ad le. A gépkocsi fogyasztása 8 kg benzin 100 km út megtétele során.

- Mekkora a motor fajlagos üzemanyag-fogyasztása, ha a gépkocsi 80 km/h egyenletes sebességgel halad?
- Mekkora a fajlagos hőfogyasztás, ha a benzin fűtőértéke 42 MJ/kg?
- Mekkora a motor hatásfoka?

11. példa

Egy 180 MW hasznos teljesítményű hőerőmű napi tüzelőanyag-fogyasztása 1400 t 46 MJ/kg fűtőértékű földgáz.

- a.) Mennyi az erőmű fajlagos fogyasztása és fajlagos hőfogyasztása?
- b.) Mennyi az erőmű átlagos hatásfoka?

12. példa

Egy földgázmotor villamos generátort hajt, amelynek hatásfoka 96%. A motor fogyasztása 0,4 m³ 31 MJ/m³ fűtőértékű gáz 1 kilowattóra villamos-energia-termelés esetén.

- a.) Mekkora a gépcsoport fajlagos hőfogyasztása?
- b.) Mekkora a motor fajlagos hőfogyasztása?
- c.) Mennyi a motor hatásfoka?
- d.) Mennyi a gépcsoport hatásfoka?

13. példa

Egy 7 kW hasznos teljesítményű ventilátort Diesel-motor hajt. A ventilátor hatásfoka 78%. A Diesel-motor üzemanyag-fogyasztása 2,6 kg/h 43000 kJ/kg fűtőértékű olaj.

- a.) Mekkora a motor fajlagos üzemanyag-fogyasztása?
- b.) Mekkora a motor fajlagos hőfogyasztása?
- c.) Mennyi a motor és a gépcsoport hatásfoka?

14. példa

210 MW hasznos teljesítményű villamos erőmű 24 órás fogyasztása 4100 Mg 17 MJ/kg fűtőértékű barnaszén.

Mennyi az erőmű hatásfoka és fajlagos hőfogyasztása?

15. példa

31% hatásfokú benzinmotor fajlagos fogyasztása 0,28 kg/kWh.
Mennyi a benzin fűtőértéke?

K i d o l g o z á s:

$$\eta = 31\%$$

$$b = 0,28 \text{ kg/kWh}$$

Az η hatásfok és a q fajlagos hőfogyasztás egymás reciprocai, tehát

$$q = \frac{1}{\eta}.$$

A fajlagos hőfogyasztás a fajlagos fogyasztásból (b) a H fűtőérték ismeretében kiszámítható

$$q = b \cdot H.$$

A két képletből q -t kiküszöbölve

$$\frac{1}{\eta} = b \cdot H, \quad \text{azaz} \quad H = \frac{1}{b \cdot \eta}$$

Behelyettesítve:

$H = \frac{1}{0,28 \text{ kg / kWh} \cdot 0,31} = 11,52 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}$, de a mértékegység nem a szokásos alakú. A $3,6 \frac{\text{MJ}}{\text{kWh}}$ váltószámmal átváltva a H mértékegységét végül

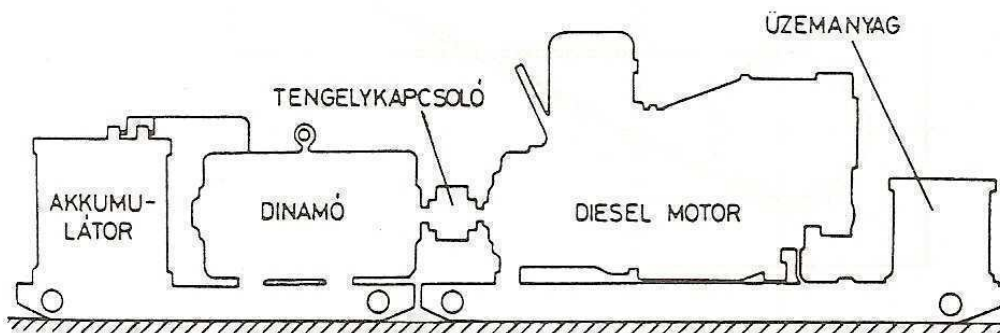
$$H = 11,52 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \cdot 3,6 \frac{\text{MJ}}{\text{kWh}} = \mathbf{41,5 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}}$$

16. példa

Áramfejlesztő telepre kapcsolt akkumulátor töltéséhez 8 kW teljesítmény szükséges. Az akkumulátor töltő dinamó hatásfoka 84%. A dinamót $0,31 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}}$ fajlagos fogyasztású Diesel-motor hajtja. A Diesel-olaj fűtőértéke 38 MJ/kg. A telep vázlata a 9. ábrán látható.

A hajtómű veszteségei elhanyagolhatók.

- Mennyi a telep összhatétfoka?
- 24 óra alatt mennyi olajat fogyaszt a telep?



9. ábra

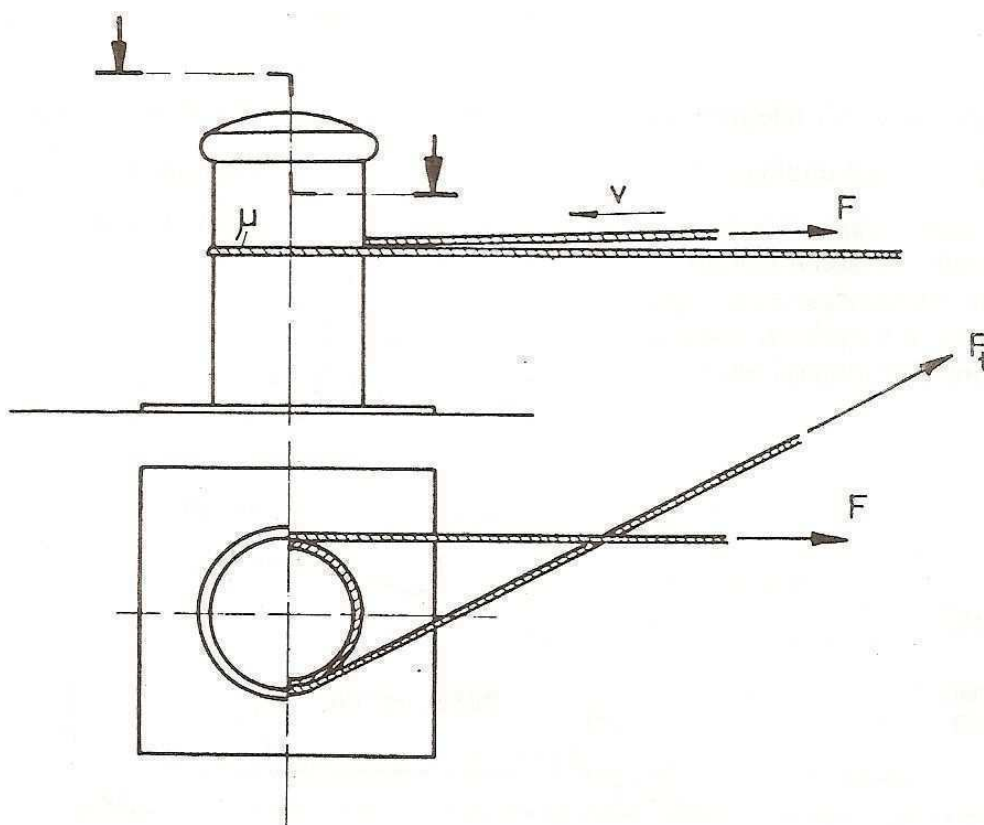
17. példa

Tehergépkocsi α hajtásszögű lejtőn halad lefelé, majd hirtelen fékez. A tehergépkocsi rakodófelületére helyezett 1100 kg tömegű konténer és a rakodófelület közötti, nyugvó súrlódási tényező 0,3.

Milyen hajlásszögnél meredekebb lejtőkön csúszik meg a rögzítés nélküli konténer fékezéskor? Csúszásmentes esetben 2000 N fékezésből adódó lejtő irányú tehetetlenségi erő hat a ládára.

18. példa

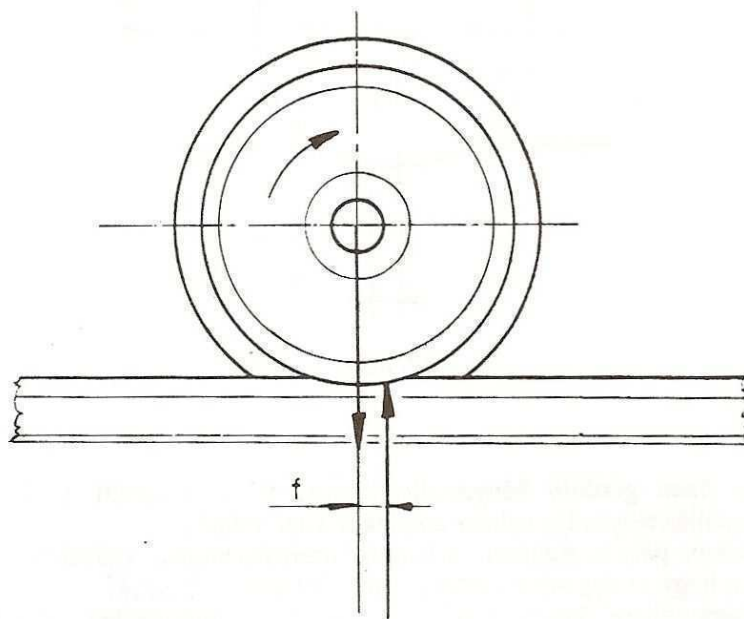
A 10. ábrán látható kötélbakon átvett kötél egyik végét $F = 280$ N erővel lassan, állandó sebességgel engedjük csúszni az ábrában bejelölt irányban (v). Mekkora erő ébred a v sebességgel a kötélbakról ellenkező irányban lecsúszó kötélagban, ha a kötélt a bakon 210° szöget fog át? A kötélsúrlódás tényezője $\mu = 0,4$. A kötélt szakítóereje 10 kN. Egyensúlyban tartható-e a kötélt $F = 280$ N erővel, ha az átfogási szög 540° ?



10. ábra

19. példa

Milyen átmérőjű kerekeket kell készíteni ahhoz a bányacsilléhez, amelynek egy kerekére eső súlya rakománnyal együtt 13 kN? Az acélsínen gördülő acélkerekekre ható pálya-nyomóerő karja (11. ábra) várhatóan $f = 2$ mm és célunk, hogy a vízszintes pályán 140 N legyen a szükséges vonóerő.



11. ábra.

K i d o l g o z á s:

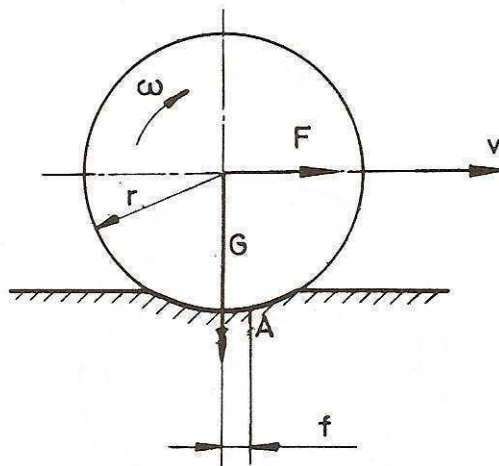
$$F = 140 \text{ N}, G = 13 \text{ kN}, f = 2 \text{ mm}.$$

A 12. ábra jelöléseivel írjuk fel a F vonóerő és a G súlyerő nyomatéki egyensúlyát ($v = \text{áll}$) az A pontra

$$F \cdot r = G \cdot f$$

Ebből a kerékátmérő számolható.

$$d = 2r = 2 \cdot f \cdot \frac{G}{F} = 2 \cdot 2 \text{ mm} \cdot \frac{13 \text{ kN}}{0,14 \text{ kN}} = 371 \text{ mm}$$



12. ábra

20. példa

Egy sínen gördülő bányacsille tömege teherrel együtt 1,12 t. A gördülőellenállás tényezője a sín és a kerekek között 0,012.

- Vízszintes pályán mekkora, a haladás irányába mutató erővel kell tolni a csillét, hogy az egyenletes sebességgel haladjon?
- Mekkora erőt kell kifejtenie a bányásznak, ha a sínpár mellett halad és karja a haladás irányával 30° -os szöget zár be? A sín oldala és a kerék pereme közötti csúszást 0,4 ellenállástényezővel vegye figyelembe!
- Mindkét esetre határozza meg a bányász által kifejtett erő munkáját 100 m úton!

21. példa

Egy 1240 kg tömegű, 20 kW tengelyteljesítményű személygépkocsi 8 %-os lejtőn halad felfelé. A gördülőellenállás tényezője 0,031.

- Hány km/h sebességgel tud a gépkocsi a lejtőn felfelé haladni?
- Mennyi munkát végez a motor 20 perc alatt?

22. példa

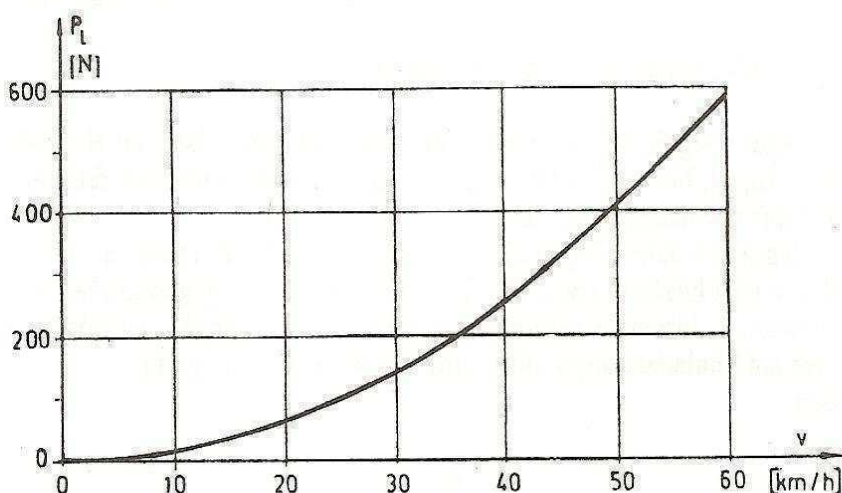
Egy 2400 kg tömegű 22 kW hasznos teljesítményt leadó kis teherautó 1,5% hajlású lejtős úton halad felfelé. A gördülési ellenállás tényezője 0,041. A légellenállást nem vesszük figyelembe.

- Hány fokos a lejtő?
- Mekkora sebességgel tud az autó felfelé haladni?
- Ugyanezzel a teljesítménnyel milyen sebességgel haladna a teherautó az úton lefelé?

23. példa

Egy 5‰ lejtésű vasúti sínen 32,5 t tömegű vasúti teherkocsi áll. A kerekek és a sín közötti nyugvó súrlódási tényező 0,007.

- Mekkora erő kell a kocsi lefelé való megindításához?
- A légellenállás a sebesség függvényében a 13. ábra szerint változik. Milyen állandó sebességgel fog gurulni a magára hagyott kocsi, ha a gördülési ellenállás tényezője 0,0038?



13. ábra

24. példa

7° hajlásszögű havas lejtőn 4 kg tömegű szánkót, rajta egy 20 kg tömegű gyermekkel egyenletes sebességgel vontatunk felfelé. A szántalp és a hó közötti csúszósúrlódási együttható 0,032.

- Hány % emelkedésű a lejtő?
- Mekkora erőt kell a vontatáshoz kifejteni, ha a vontatókötél a lejtővel 14°-os szöget zár be (a lejtőnél meredekebb)?
- Mennyi a súrlódás legyőzéséhez szükséges munka 200 m-es vontatás során?

K i d o l g o z á s

A feladat a) kérdése egy lejtő hajlásszögének átszámítása %-os emelkedésre. A kőutak és vasutak emelkedését mindig 100 m útra vagy 1000 m útra eső szintkülönbséggel adják meg.

Adott az $\alpha = 7^\circ$ hajlásszög.

Az emelkedés $\text{tg } \alpha = 0,122 = 12,2\%$

Az $\alpha = 7^\circ$ szög közel van ahhoz az értékhez, amelynél kisebb szögek szinuszt és tangensét a radiánban kifejezett szöggel vehetjük egyenlőnek.

b) kérdés:

Adott - a szánkó és gyermek tömege

$$m_{sz} = 4 \text{ kg}$$

$$m_{gy} = 20 \text{ kg}$$

- a csúszó súrlódási együttható $\mu = 0,032$,

- a vontatókötél és a lejtő hajlásszöge (ennek mind nagysága, mind értelme)

$$\beta = 14^\circ, \text{ valamint a lejtő hajlásszöge, } \alpha = 7^\circ,$$

- végül a leglényegesebb adat, ami a feladat megoldásának elvi módszerét meghatározza, az, hogy a vontatás egyenletes sebességgel történik felfelé.

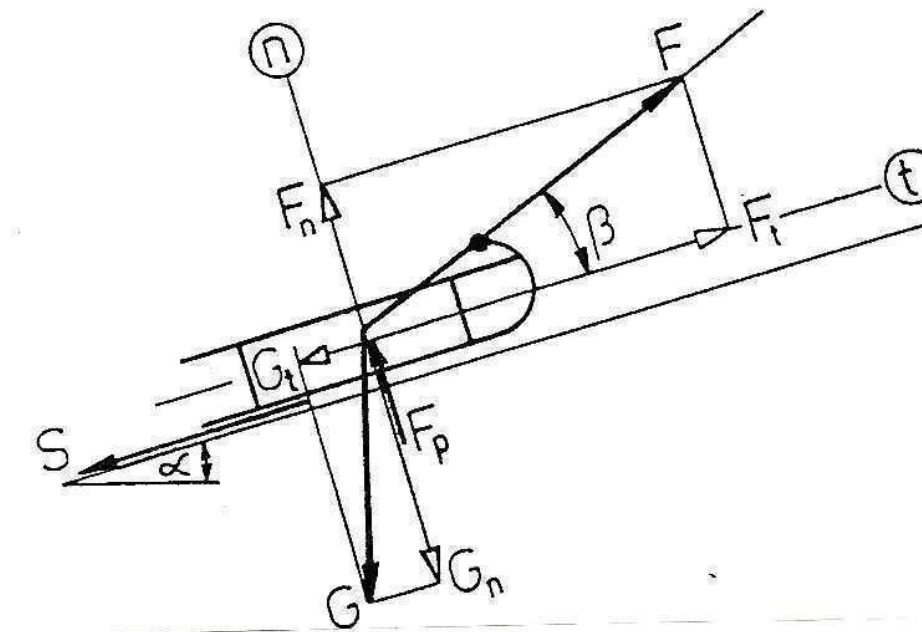
Kérdés a szükséges vonóerő: F .

A legutolsó adat elegendő a feladatban kérdezett vonóerő és az előző négy adatsóport közötti kapcsolat (függvénykapcsolat) meghatározásához.

Newton I. törvénye szerint az egyenletes sebességű haladás feltétele a tömegekre ható haladásirányú külső erők eredőjének zérus volta.

Képletben

$$\sum_{i=1}^n F_i = 0$$



14. ábra

A külső erők nagyságának és irányának helyes felvételét elősegíti egy célszerű ábra rajzolása (14. ábra).

A szánkóra hat az F húzóerő, a G - két tömegre együttesen ható - súlyerő F_p pályanyomóerő és az S haladást fékező súrlódóerő. Legyen a t irány a szánkó haladási irányával párhuzamos irány. Az ilyen irányú erőkomponenseket t indexszel jelölve, a newtoni feltétel

$$F_t = G_t + S \quad (1)$$

A lejtőre merőleges n irányban a szán nyugalomban van, így szintén Newton I. törvénye érvényes, F_p a pálya által kifejtett nyomóerő

$$F_n + F_p = G_n \quad (2)$$

További szabály vonatkozik az S súrlódóerő kiszámítására

$$S = \mu \cdot F_p \quad (3)$$

ahol F_p nagyságát (2) összefüggés szabja meg.

Mivel az n és t komponensekre vonatkoznak az egyenletek, ezeket a komponenseket ki kell fejezni az F és G erőkkel és az α és β szögek szögfüggvényeivel. Ez csupán matematikai átalakítás, míg az előzőekben fizikai törvényeket, szabályokat kellett alkalmazni.

$$\begin{aligned} F_t &= F \cos \beta, \\ F_n &= F \sin \beta, \\ G_t &= G \sin \alpha, \\ G_n &= G \cos \alpha. \end{aligned} \quad (4)$$

Végül (2)-t (3)-ba beírva és a kapott S -re vonatkozó egyenletet (1)-be helyettesítve a (4) képletek felhasználásával adódik, hogy

$$F_t = G_t + \mu(G_n - F_n), \text{ illetve}$$

$$F \cos \beta = G \sin \alpha + \mu G \cos \alpha - \mu F \sin \beta,$$

ahonnan F -et kell kifejezni

$$F = \frac{G(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{\cos \beta + \mu \sin \beta}. \quad (5)$$

Az (5) képlet a keresett függvénykapcsolat.

A G súlyt nem ismerjük, csak a két tömeget, azokkal fejezzük ki,

$$G = (m_{sz} + m_{gy})g.$$

Érdemes külön kiszámítani a súlyt:

$$G = (4 \text{ kg} + 20 \text{ kg}) 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 235,4 \text{ N}.$$

Behelyettesítve az (5) összefüggésbe:

$$F = \frac{235,4 \text{ N} \cdot (\sin 7^\circ + 0,032 \cdot \cos 7^\circ)}{\cos 14^\circ + 0,032 \cdot \sin 14^\circ} = 37 \text{ N}, \quad \text{ami a feladat b)}$$

kérdésére a válasz.

A c) kérdés megválaszolásához egy adott úton az elmozdulás irányába eső erő által végzett munkát kell kiszámítani.

Adott az s út: $s = 200 \text{ m}$, valamint mindaz, amit az előzőekben már felhasználtunk, vagy kiszámítottunk.

A végzendő munka egyenlő a súrlódást legyőző erő munkájával, azaz

$$W_S = s \cdot S \quad (6)$$

Fel kell használni a (3) és a (2) képletet, valamint az F erő értékét

$$S = \mu(G_N - F_N) = \mu(G \cos \alpha - F \sin \beta)$$

$$W_S = s \cdot \mu(G \cos \alpha - F \sin \beta) = 200 \text{ m} \cdot 0,032 (235,4 \text{ N} \cdot \cos 7^\circ - 37 \text{ N} \cdot \sin 14^\circ) = 1440 \text{ J}$$

Ezzel a kérdésekre a választ megadtuk, célszerű ezután még egyszer végiggondolni a felhasznált fizikai és matematikai összefüggéseket és megpróbálkozni további, az adatok alapján megválaszolható kérdések feltevésével. Például ebben a feladatban ki lehet számítani a súly felemelésének munkaszükségletét, a súrlódás miatt keletkező hő által megolvasztott hó mennyiségét (ami a súrlódási együtthatót ilyen kis értékre csökkenti) stb. A magára hagyott szánkó mozgásának vizsgálata már átvezetne a változó sebességű mozgás témakörébe.

Fontos ezenkívül a kapott eredmények összehasonlítása a tapasztalattal, annak mérlegelésére, hogy reálisak-e az eredmények. Így például az a) kérdésre adott válasz reális, a (10-12)%-os lejtésű autópályákat külön figyelmeztető táblákkal jelzik, és ilyen meredek lejtők valóban szánkózásra alkalmasak. Tapasztalatból tudjuk, hogy egy 24 kg tömegű szánkó + gyermek vontatásához valóban nem kell nagyobb erőt kifejteni, mint a 4 kg tömegű szánkó felemeléséhez, a kapott eredmény is ilyen nagyságrendű.

25. példa

Készítsük el a 14. ábrán látható szánkóra ható erők rajzát abban az esetben, ha az F erő nem húzóerő, hanem vízszintes tolóerő!

26. példa

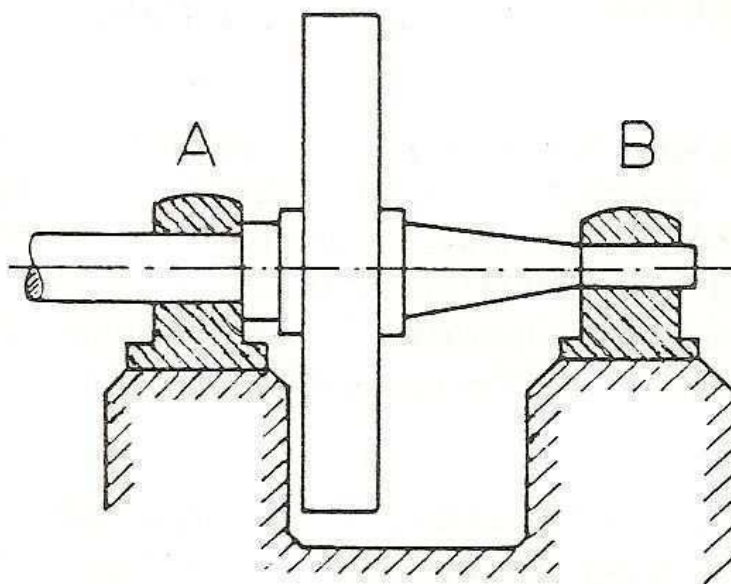
10 MN önsúlyú vízerőművi daru acélsínen gördül. A sín és a daru kerekei között gördülő ellenállási tényező 0,008.

- Mekkora mozgatóerő szükséges a daru haladásához vízszintes sínen?
- Mekkora teljesítményt igényel a 30 m/min sebességgel haladó daru mozgatása?
- A darupálya 350 m hosszú. Mennyi munkát kell végezni egy 60 Mg tömegű teher 4 m magasra emelése és a pályán történő végigszállítása során?

27. példa

Egy 4500 kg tömegű lendkerék tengelyét két csapágy támasztja alá (15.ábra) oly módon, hogy az A jelű 150 mm átmérőjű csapra jut a súly $\frac{2}{3}$, a B jelű 80 mm átmérőjű csapra a súly $\frac{1}{3}$ része. A csapsúrlódási tényező mindkét csapágyban 0,07, a kerék fordulatszáma 250/min.

- Mekkora a csapok kerületi sebessége?
- Mekkora nyomaték kell a súrlódás legyőzéséhez?
- Óránként mennyi hő fejlődik a csapágyakban?



15. ábra

28. példa

Vasúti jármű kerekét két féktuskóval fékezzük. A súrlódási tényező a féktuskó és a kerékabroncs között 0,13. A jármű sebessége 65 km/h, egy lejtőn lefelé.

- Mekkora a kerék fordulatszáma és szögsebessége, ha átmérője 910 mm?
- Mekkora a kerékre ható fékező nyomaték, ha a tuskókat 6000 N erővel szorítjuk a kerékhez?
- Mekkora a fékezés teljesítménye?

- d.) A jármű sebessége a fékezés hatására nem változik. Mennyi hő fejlődik 20 s alatt a fékberendezésben?

29. példa

180 kg tömegű forgó géprész vízszintes tengelyét 80 cm távolságban lévő két csapágyba ágyazzuk. A csapok sugarának szilárdsági okok miatt a csapágyban ébredő erő köbgyökével arányosan kell nőnie, az arányossági tényező egy adott anyag esetén 1,6 mm. $N^{-1/3}$. A csapsúrlódási tényező várhatóan 0,076 alá nem csökkenthető. A tengely forgatásához szükséges nyomaték nem lépheti túl a 2,8 N·m-t.

a.) Mekkora legyen a csapok átmérője?

b.) Ábrázolja az eredményt olyan diagramban, amelynek abszcissa- tengelyén súly, ordináta-tengelyén sugár van! Mekkora a legnagyobb súlyú géprész, amelyhez található tengelyméret ezekkel a feltételekkel?

30. példa

Mekkora nyomatékot kell kifejteni egy két helyen csapágyazott, vízszintes tengelyű, állandó fordulatszámú gépalkatrész forgatásához, ha a megfelelően kent siklócsapágyak súrlódási tényezője 0,03 és a gépalkatrész súlya 4 kN? A csapok átmérője 100 mm.

31. példa

Függőleges tengelyre épített vízturbina járókerék és villamos generátor forgórész 0,006 súrlódási tényezőjű talpcsapágyon forog (16. ábra) A forgórészek súlyából és a járókerékre ható hidraulikai erőből adódó csapágyerő 13 MN. Mekkora nyomatékot kell kifejteni a tengelyen a csapágysúrlódás fékezőnyomatékának ellensúlyozására, ha a talpcsapágy sugara 0,8 m? Mekkora teljesítmény szükséges a súrlódás legyőzéséhez 167/min fordulatszám mellett?

32.példa

Mekkora T vonóerő ébred a 17. ábrán látható kerékpárláncban, ha a 70 kg-os kerékpáros egy pedálra teljes G testsúllyal ránehezedik? A pedálkar vízszintes, hossza $k = 17$ cm, a nagy lánckerék átmérője $D = 20$ cm, a kis keréké $d = 7$ cm. Mekkora a hátsó tengelyt hajtó nyomaték?

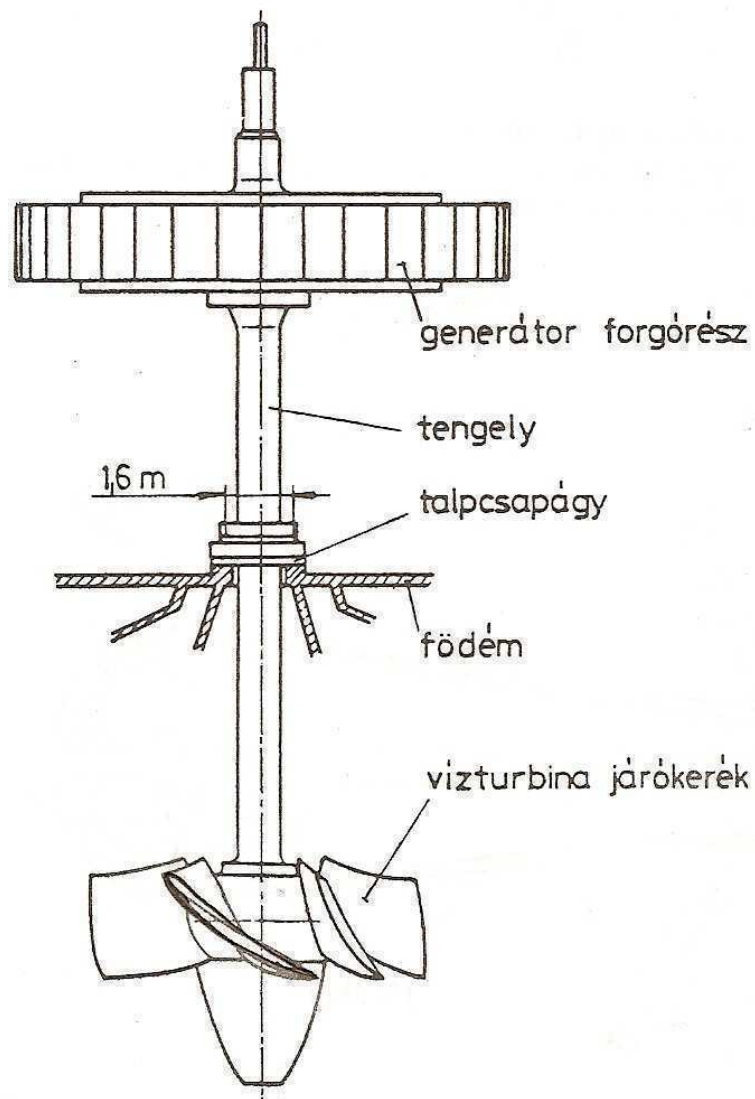
K i d o l g o z á s :

$m = 70$ kg

$k = 17$ cm

$d = 7$ cm

$D = 20$ cm



16. ábra

A feladat a nagy lánckerék tengelyére vonatkozó nyomatékok egyensúlya alapján oldható meg. T jelöli a felső (fesz) láncban ébredő húzóerőt. Az alsó láncág laza, benne a húzóerő elhanyagolható. Így

$$G \cdot k = T \cdot \frac{D}{2},$$

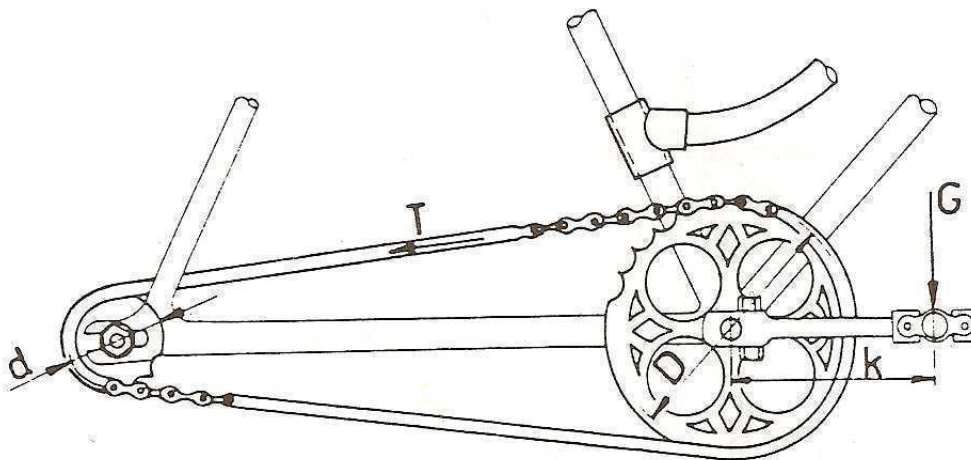
innen

$$T = \frac{2 G k}{D} = \frac{2 \cdot m \cdot g \cdot k}{D} = \frac{2 \cdot 70 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,17\text{m}}{0,2\text{m}} = 1168 \text{ N}$$

Felhasználtuk, hogy $G = m \cdot g$.

A hátsó tengelyt ennek a T erőnek az M nyomatéka hajtja. (Az alsó láncágban nem ébred húzóerő.)

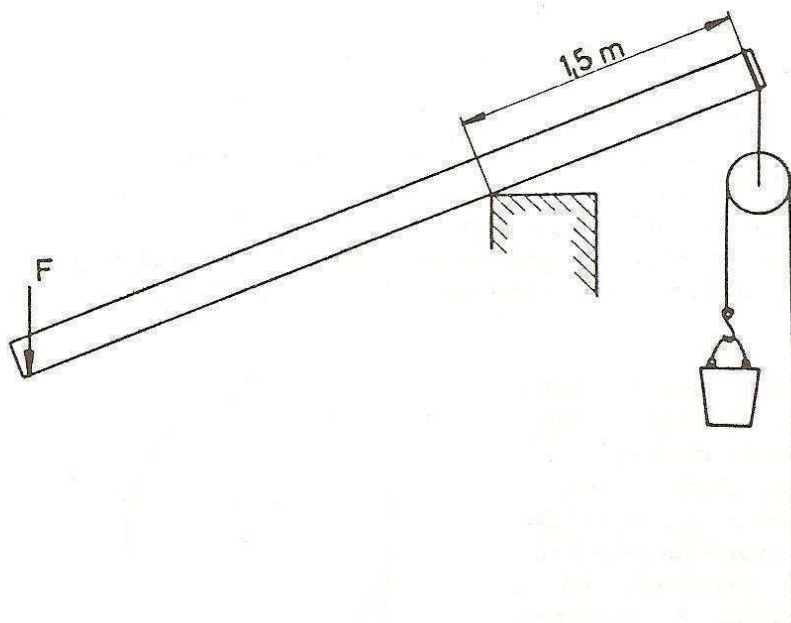
$$M = T \cdot \frac{d}{2} = 1168 \text{ N} \cdot \frac{0,07\text{m}}{2} = 40,9 \text{ N} \cdot \text{m}$$



17. ábra

33. példa

270 N súlyú, malterrel telt vödröt a 18. ábrán vázolt módon állócsigán húznak fel. Az állócsigát 4 m hosszú alátámasztott palló végéhez erősítik, a palló kinyúló része 1,5 m. Mekkora függőleges hatásvonalú erővel kell a palló másik végét leszorítani, hogy a palló ne billenjen meg? A palló súlyát hanyagoljuk el!

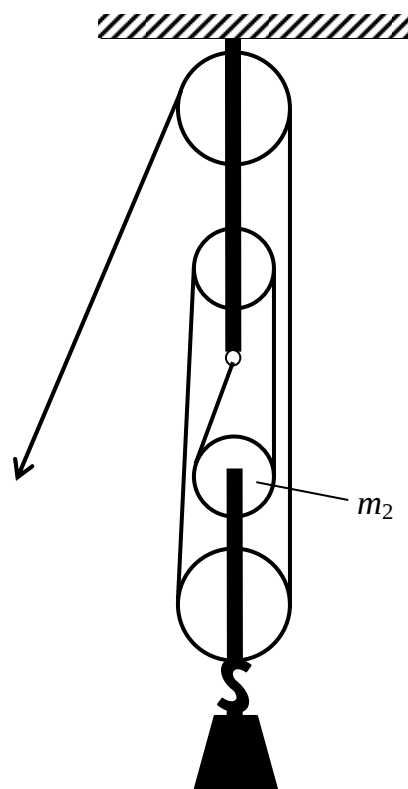


18. ábra

34. példa

A 19. ábrán vázolt, mozgócsigákat tartalmazó emelőmű horgán 7 kN súlyú teher függ.

- Mekkora nyomaték terheli emeléskor a 400 mm átmérőjű kötéldob tengelyét, ha a súrlódás hatását figyelmen kívül hagyjuk? A köteleket tekintse függőlegesnek!
- Milyen fordulatszámmal forog a 200 mm átmérőjű, m_2 jelű mozgócsiga, ha a teheremelés sebessége 50 m/min?
- Mennyi a teheremelés teljesítményszükséglete súrlódásmentes esetben?



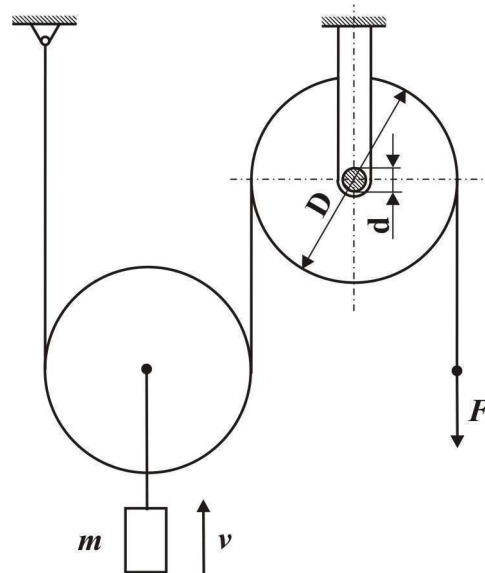
19. ábra

35. példa

Egy emelő mozgócsigára függesztett 6 t tömegű terhet 9 m/min sebességgel emel. Mekkora a 400 mm átmérőjű hajtott kötéldob tengelyének nyomatéka és fordulatszáma? Mekkora teljesítmény szükséges az emeléshez?

36. Példa

Mekkora erő szükséges az ábrán látható $m = 100\text{ kg}$ tömegű teher $v = 2\text{ m/s}$ egyenletes sebességgel történő emeléséhez? Vegye figyelembe az állócsiga tengelyén ébredő súrlódási nyomatékot! Mekkora a mozgítás teljesítményszükséglete és hatásfoka?
 $D = 400\text{ mm}$; $d = 20\text{ mm}$; $\mu = 0,12$,
 $g = 9,81\text{ m/s}^2$



1

19.a. ábra

37. példa

Építőipari daru vízszintes gémjének mozgócsigáján függő horoggal terhet emelünk a 20. ábra szerinti elrendezésben. A horog és a teher együttes tömege 2400 kg. A húzott kötélvég 5 m/s sebességgel csavarodik fel a hajtómű dobjára. A veszteséget elhanyagoljuk, a két lógó kötélagat függőlegesnek tekintjük.

- Mekkora a teheremelés sebessége?
- Mekkora kerületi erőt kell a dobon kifejteni a teher-emeléshez?
- Mekkora erő ébred az A jel kötélrögzítő szerkezetben?
- Mennyi a teheremelés teljesítményszükséglete?

38. példa

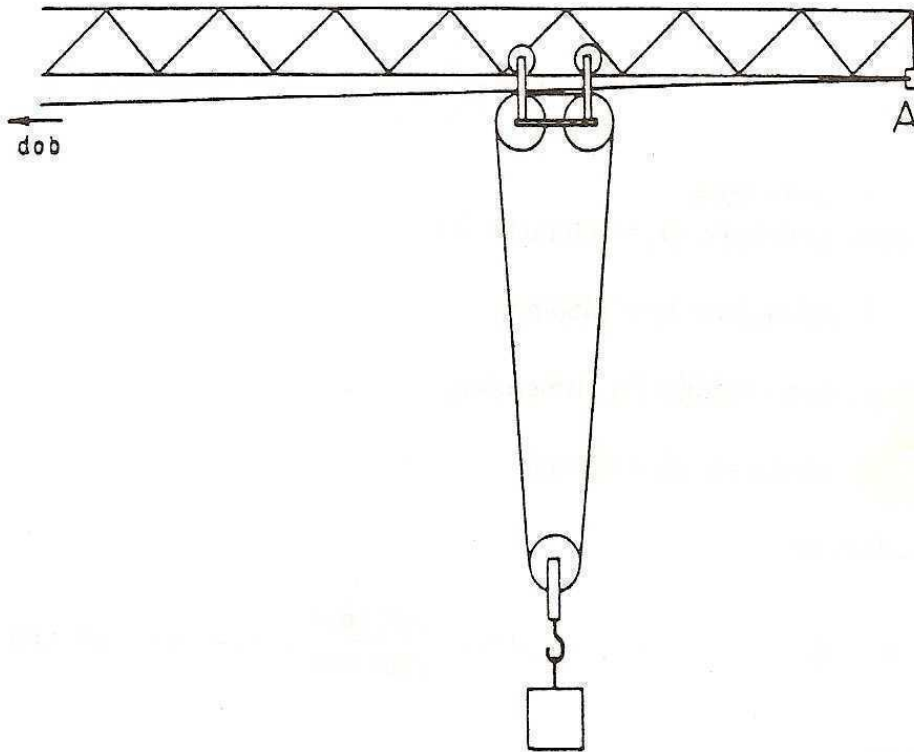
Egy darálót 2,2 kW-os 720/min fordulatszámú villamos motor szíjhajtás segítségével hajt. A daráló fordulatszáma 180/min. A motor tengelyére 160 mm átmérőjű szíjtárcsa van ékelve.

- Mekkora átmérőjű szíj-tárcsát kell ékelni a daráló tengelyére 3%-os szlip esetén?
- Mekkora a hajtott szíjtárcsa kerületi sebessége és a szíjhajtás hatásfoka?
- Mekkora a daráló teljesítmény- és forgatónyomaték felvétele?
- 4 %-os csúszás esetén mekkora lesz a daráló fordulatszáma?

39. példa

Egy 14 kW-os 1460/min fordulatszámú motor tengelyére szíjtárcsát ékelünk.

- Mekkora lehet az átmérője, ha legfeljebb 30 m/s szíjsebességet engedünk meg? (Szlipet ne vegyen figyelembe!)
- Mekkora tárcsát kell a hajtott tengelyre ékelni, ha 3% szlip mellett 2-szeres lassító áttételt akarunk megvalósítani?
- Mekkora nyomaték forgatja a hajtott tengelyt?



20. ábra

40. példa

800/min fordulatszámú munkagépet szíjhajtással kívánunk hajtani. A hajtómotor fordulatszáma 1450 /min, tengelyén 200 mm átmérőjű szíjtárcsa van. 4%-os szlip esetén mekkora szíjtárcsát készítsünk a munkagép tengelyére?

K i d o g o z á s:

Induljunk ki a szlip értelmezéséből!

$$s = \frac{v_1 - v_2}{v_1} = 1 - \frac{v_2}{v_1}$$

A szíjtárcsa v kerületi sebességét a D átmérőből és az n fordulatszámból $v = D \pi n$ alakban számíthatjuk ki. Az 1 és 2 index a hajtó, illetve a hajtott tárcsára utal. A szlipet fejezzük ki az átmérőkkel és a fordulatszámokkal:

$$s = 1 - \frac{D_2 n_2}{D_1 n_1}$$

A szlip $s = 4\% = 0,04$.

A hatótárcsa átmérője: $D_1 = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$,

fordulatszáma: $n_1 = 1450/\text{min}$.

A hajtott tárcsa átmérője: D_2 , ismeretlen,

fordulatszáma: $n_2 = 800/\text{min}$.

D_2 -t kifejezve:

$$D_2 = (1 - s) D_1 \frac{n_1}{n_2} = (1 - 0,04) \cdot 200 \text{ mm} \cdot \frac{1450 / \text{min}}{800 / \text{min}} = 348 \text{ mm}$$

41.példa

Dörzshajtással 0,4 kW teljesítményt akarunk átvinni. A tárcsák csúszásmentes gördülését feltételezzük, a súrlódási tényező 0,4. A hajtott tárcsa átmérője 16 cm, a megvalósított módosítás 2,1-szeres (azaz lassító).

- Mekkora a hajtótárcsa átmérője?
- A hajtótengely fordulatszáma 2010/min, mekkora erővel kell a tárcsákat egymáshoz szorítani?
- Mekkora összeszorító erő kell ahhoz, hogy biztosan ne csússzanak a tárcsák egymáshoz képest, ha a súrlódási tényező csúszás esetén 0,24?

42.példa

Mekkora teljesítmény vihető át azzal a dörzshajtással, amelynek kerekei között a súrlódási tényező 0,37, a hajtott kerék átmérője 45 mm, fordulatszáma 120/min? Az összeszorító erő 238 N.

43. példa

Egybekezdésű csigával csigakereket kívánunk hajtani.

- a.) Mennyi legyen a csigakerék fogszáma, hogy a hajtott és a hajtó tengely nyomatékának aránya 16-szoros legyen? A csigahajtás várható hatásfoka 64%.
- b.) Mekkora a módosítás?
- c.) Mekkora teljesítményt ad le az 1440 /min fordulatszámú motor, ha a csigakerék tengelyét 800 Nm nyomaték terheli?

44. példa

220 mm átmérőjű Prony-féktárcsa tengelyén maximálisan 140 Nm nyomaték ébred. A fékbetétek és a féktárcsa közötti csúszósúrlódás tényezője 0,42. Milyen erővel kell a fékpofákat a tárcsához szorítani?

45. példa

Mekkora térfogatáram átbocsátására tervezzük a maximálisan 7 kW teljesítményt fogyasztó Prony-fék hűtővíz csővezetékét? A víz 45°C-kal melegedhet a fékben. Mekkora súrlódóerő-pár fékezi a 160/min fordulatszámú, 250 mm átmérőjű féktárcsát maximális terheléskor?

K i d o l g o z á s

$$n = 160/\text{min}; \text{ a szögsebesség } \omega = 2 \pi n = 2 \pi \frac{160 / \text{min}}{60 \text{ s} / \text{min}} = 16,75 \text{ rad/s}$$

$$d = 250 \text{ mm}$$

$$\rho_{\text{víz}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$c = 4,187 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

A szükséges hűtővíz mennyisége kiszámítható, ha feltételezzük, hogy a képződött hő teljes egészében a hűtővízzel vezetjük el.

Írható, hogy

$$P = Q_{\text{pc}} \Delta t, \text{ innen}$$

$$Q = \frac{P}{\rho c \Delta t} = \frac{7 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4,187 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot 45^\circ\text{C}} = 3,72 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = \mathbf{2,23 \text{ l/min}}$$

A 250 mm átmérőjű féktárcsát fékezéskor F_s erőpár fékezi, melynek nyomatéka

$$F_s \cdot D = M$$

A fékezési teljesítmény

$P = M \cdot \omega$, ebből az F_s erőpár

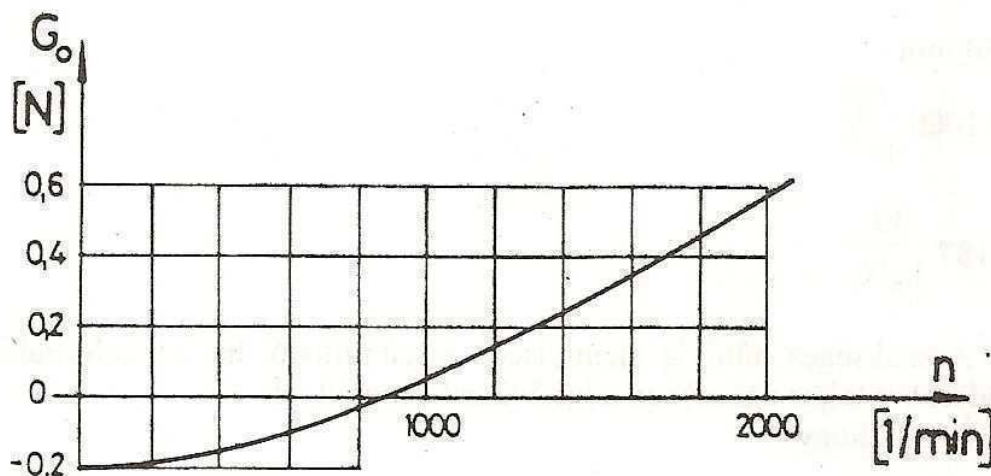
$$F_s = \frac{P}{D \cdot \omega} = \frac{7000 \text{ W}}{0,25 \text{ m} \cdot 16,75 \text{ rad/s}} = 1671 \text{ N} = \mathbf{1,671 \text{ kN}}$$

46.példa

Egy ventilátor a számítások szerint (22-28) kW közötti teljesítményt vesz fel. A számítást méréssel kívánjuk ellenőrizni, ezért a ventilátort, amelynek üzemi fordulatszáma 1300/min és 1370/min között változik, mérlegmotorral hajtjuk. Mekkora lehet az a maximális tömeg, amelyet a súlykészletből összeállítva, az 1020 mm hosszú mérlegkar végén lévő serpenyőt biztosan ki tudja egyensúlyozni? (Üresjáráskor és terheléskor a súlyokat ugyanabba a serpenyőbe kell tenni $G_0 < 0,3\text{N}$.)

47.példa

Egy mérlegmotor 974 mm hosszú karján levő serpenyőbe 2,46 kg tömegű mérlegsúlyt kell tenni az egyensúly biztosítására. A motor fordulatszáma 1850/min.



21. ábra

- a.) Az üresjárási mérés során az - üzemivel ellentétes - serpenyőbe helyezendő súlyt a fordulatszám függvényében ábrázolták (21. ábra). Mekkora ebben az üzemállapotban a motor nyomatéka?
- b.) Mekkora teljesítményt ad le a motor?
- c.) Mekkora a légsúrlódás forgórészt fékező nyomatéka ezen a fordulatszámon?

48. példa

Turbókompresszor teljesítményfelvételét mérlegmotorral mérik három kompresszor- fordulatszámon, ezek: 8000, 9000, 10 000 1/min. A 4-szeres gyorsító áttételű hajtóművel egybeépített kompresszort 1000 mm hosszú karral ellátott mérlegmotor hajtja. Az üresjárási kiegyensúlyozáshoz szükséges súly rendre: 4,2; 5; 5,9 N (az üzemivel azonos serpenyőben).

Készítsen diagramot, amelyből az üzemi kiegyensúlyozáshoz szükséges súly tömegének függvényében kiolvasható a turbókompresszor-hajtómű egység teljesítményfelvétele mindhárom fordulatszámnál. A diagram a 0-100 kW teljesítménytartományt fogja át!

49.példa

Mechanikus sajtológép hasznos teljesítménye teljes terhelésnél 2 kW, az üresjárási bevezetett teljesítménye 0,1 kW. A gép összes vesztesége teljes terheléskor 0,9 kW.

- a.) Mekkora a változó veszteség teljes és féltérheléskor?
- b.) Ábrázolja a sajtológépbe bevezetett teljesítményt a hasznos teljesítmény függvényében! Jelölje meg féltérhelésnél a teljesítményfelvétel összetevőit! Célszerű léptékek: a hasznos teljesítményhez 0,2 kW/cm, a bevezetett teljesítményhez 0,5 kW/cm.

50.példa

Egy villamos generátor hatásfokát a leadott villamos teljesítmény függvényében méréssel határozták meg. Teljes terheléskor a hasznos teljesítmény 380 kW, a hatásfok 95% volt, 200 kW-os leadott teljesítmény mellett ugyancsak 95% hatásfokot mértek.

Mekkora az üresjárási veszteség és mekkora a változó veszteség teljes terheléskor?

51.példa

Egy mechanikai elven működő emelőgép névleges leadott teljesítménye 18 kW, felvett teljesítménye ekkor 24 kW, üresjárási vesztesége 1,9 kW.

Ábrázolja a gép hatásfokát a leadott teljesítmény függvényében táblázatos számolás alapján! Javasolt léptékek az abszcisszatengelyen 2 kW/cm, az ordinátatengelyen 10%/ cm.

52. példa

Egy vasúti Diesel-mozdony névleges hasznos teljesítménye 442 kW. A mozdony 35 km/h átlagos sebességgel jár, átlagos fajlagos üzemanyag-fogyasztása ekkor 0,274 kg/kWh 0,63 átlagos terhelés mellett.

- a.) Megfelel-e a mozdony 1 Mg befogadóképességű gázolajtartálya a nemzetközi előírásoknak, amely szerint 600 km útra elegendő üzemanyagot kell a mozdony tartályainak befogadniuk?
- b.) 44 MJ/kg fűtőértékű gázolaj esetén a fenti terhelés mellett mekkora a fajlagos hőfogyasztás?

53.példa

24 MW-os, vízturbinából és villamos generátorból álló vízerőművi gépcsoport 17,5 MW teljesítményt ad a villamos hálózatnak.

- a.) Mennyi a gépcsoport terhelése?
- b.) Mennyi a 82%-os terheléssel járó gépcsoport hasznos teljesítménye? Mennyi az e terhelésnél 96% hatásfokkal járó generátort hajtó vízturbina hasznos teljesítménye?

54. példa

25 kW-os munkagép hatásfoka 70 %-os terhelésnél 76%. A gépbe bevezetett teljesítmény üresjáráskor 2,1 kW. Mennyi az állandó veszteség, az adott terheléshez tartozó hasznos teljesítmény és változó veszteség?

K i d o l g o z á s:

Az állandó veszteség egyenlő az üresjáráskor bevezetett teljesítménnyel.

$$P_{vo} = P_{bo} = \mathbf{2,1\ kW}$$

A hasznos teljesítmény

$$P_{hx} = x \cdot P_n = 0,7 \cdot 25\ kW = \mathbf{17,5\ kW}$$

Az összes veszteség az x terhelésnél

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

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

$$P_{vx} = P_v - P_{vo} = 5,5\ kW - 2,1\ kW = \mathbf{3,4\ kW}$$

55.példa

Egy transzformátor teljes terhelésnél 140 kW teljesítményt ad le. Ekkor a teljesítményfelvétele 148 kW. A transzformátor 60%-os terhelés esetén dolgozik a legjobb hatásfokkal.

- Mekkora a transzformátor állandó vesztesége?
- Mekkora a 60%-os terheléshez tartozó hatásfokmaximum?

56.példa

Egy villamos motor hatásfoka teljes terhelésnél 88%, hasznos teljesítménye ekkor 41 kW. A teljesítményveszteség változó része teljes terhelésnél 3,9 kW.

- Rajzolja meg a gép veszteségeinek változását a terhelés függvényében 10%/cm terhelés- illetve 0,5 kW/cm teljesítményveszteség-lépték felhasználásával!
- A diagram alapján mekkora terhelés esetén maximális a hatásfok? Az eredményt ellenőrizze számolással

57. példa

Fűrőgép hasznos teljesítménye teljes terhelésnél 25 kW, hatásfoka ekkor 72%. A fűrőgép üresjárási vesztesége 2,3 kW, a változó veszteségek a terhelés függvényében lineárisan változnak tekinthetők.

- Mennyi a változó veszteség teljes terhelésnél?
- Határozza meg a gép hatásfokát 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 és 1,1 terhelés esetén táblázatosan a 22. ábrán látható fejléc szerinti számolással!
- Rajzolja meg a hatásfokot a terhelés függvényében! A léptékek legyenek a következők:

$$\lambda_x = 0,1/\text{cm}, \quad \lambda_\eta = 10\%/\text{cm}.$$

58. példa

Egy villamos motor bevezetett teljesítménye teljes terhelésnél 37,9 kW, üresjárási vesztesége 1,4 kW, változó vesztesége teljes terheléskor 2,5 kW.

x	P_{v0}	$P_{vx}=xP_{vx1}$	$P_v=P_{v0}+P_{vx}$	$P_h=xP_{h1}$	$P_b=P_h+P_v$	$\eta = \frac{P_h}{P_b}$
-	kW	kW	kW	kW	kW	%

22.ábra

x	x ²	P _{vo}	P _{vx} =x ² P _{vx1}	P _v =P _{vo} +P _{vx}	P _h =xP _{h1}	P _b =P _h +P _v	$\eta = \frac{P_h}{P_b}$
-	-	kW	kW	kW	kW	kW	%

23. ábra

- a.) Mekkora a motor hatásfoka $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$; $\frac{3}{4}$ és 1 terhelésnél? A 23. ábra táblázata szerint számoljon!
- b.) Rajzolja meg a hatásfok-terhelés diagramot!

59. példa

Egy örlő berendezés hajtásához szükséges teljesítmény féltérhelésnél 6,42 kW. A hatásfok ekkor 53%. A üresjárási veszteség 1,7 kW, a változó veszteségeket tekintse a terheléssel egyenesen arányosnak!

- a.) Mekkora a hatásfok teljes terhelésnél?
- b.) Mekkora terheléssel kell a berendezést üzemben tartani, hogy a hatásfok 60% legyen?

60. példa

Egy villamos motor teljesítményfelvétele a leadott teljesítmény függvényében: $P_b = P_h + 1,8 \text{ kW} + 0,0025 \frac{1}{\text{kW}} P_h^2$.

A $P_b - P_h$ függvény grafikonja alapján határozza meg az optimális üzemi ponthoz tartozó hasznos teljesítményt és számítsa ki a maximális hatásfokot! (A függvénygrafikon megrajzolásához néhány pontban számítson összetartozó $P_h - P_b$ értékeket a $0 \leq P_h \leq 45 \text{ kW}$ tartományban.) A koordináta-rendszer mindkét tengelyén a teljesítménylépték 5 kW/cm legyen!

61. példa

Felvonó pillanatnyi hasznos teljesítménye 4 kW, hatásfoka ekkor 66%. A felvonó névleges hasznos teljesítménye 6,4 kW, üresjárási vesztesége 0,8 kW. A változó veszteség a terheléssel arányos.

- a.) Mennyi a változó veszteség teljes terheléskor?
- b.) Mennyi a hatásfok teljes terheléskor?
- c.) Mennyi a hatásfok negyed- és féltérhelésnél?

K i d o l g o z á s:

A felvonó pillanatnyi terhelési tényezőjét x -nek nevezzük.

$$P_{hx} = 4 \text{ kW}$$

$$\eta_x = 0,66$$

$$P_n = P_{h1} = 6,4 \text{ kW} \quad (\text{névleges teljesítmény})$$

$$P_{vo} = 0,8 \text{ kW}$$

a.) A pillanatnyi x terhelésnél a felvonóba bevezetett teljesítmény

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

Az összes veszteség az x terhelésnél a bevezetett és a hasznos teljesítmény különbsége (24.ábra)

$$P_v = P_{bx} - P_{hx} = 6,06 \text{ kW} - 4 \text{ kW} = \mathbf{2,06 \text{ kW}}$$

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

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

A változó veszteség x terhelésnél

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

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

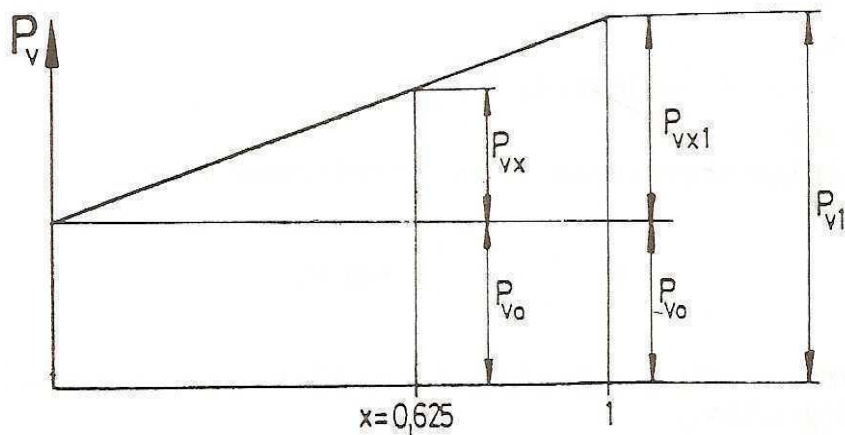
$$x = \frac{P_{hx}}{P_n} = \frac{4 \text{ kW}}{6,4 \text{ kW}} = \mathbf{0,625}$$

A mechanikai elven működő gépek veszteségei általában egyenesen arányosak a terheléssel (24.ábra). A névleges terhelésnél fellépő változó veszteség az x terhelési tényező segítségével határozható meg

$$P_{vx} = x \cdot P_{vx1}$$

ebből a változó veszteség teljes terheléskor

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



24. ábra

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

$$\eta_1 = \frac{P_h}{P_{b1}}$$

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

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

c.) A hatásfok negyed, ill. féltérhelésnél

$$\eta_{1/4} = \frac{0,25 \cdot P_h}{0,25 \cdot P_h + P_{vo} + 0,25 \cdot P_{vx1}} = \frac{0,25 \cdot 6,4 \text{ kW}}{0,25 \cdot 6,4 \text{ kW} + 0,8 \text{ kW} + 0,25 \cdot 2,02 \text{ kW}} = 0,55 = \mathbf{55\%}$$

$$\eta_{1/2} = \frac{0,5 \cdot P_h}{0,5 \cdot P_h + P_{vo} + 0,5 \cdot P_{vx1}} = \frac{0,5 \cdot 6,4 \text{ kW}}{0,5 \cdot 6,4 \text{ kW} + 0,8 \text{ kW} + 0,5 \cdot 2,02 \text{ kW}} = 0,639 = \mathbf{63,9\%}$$

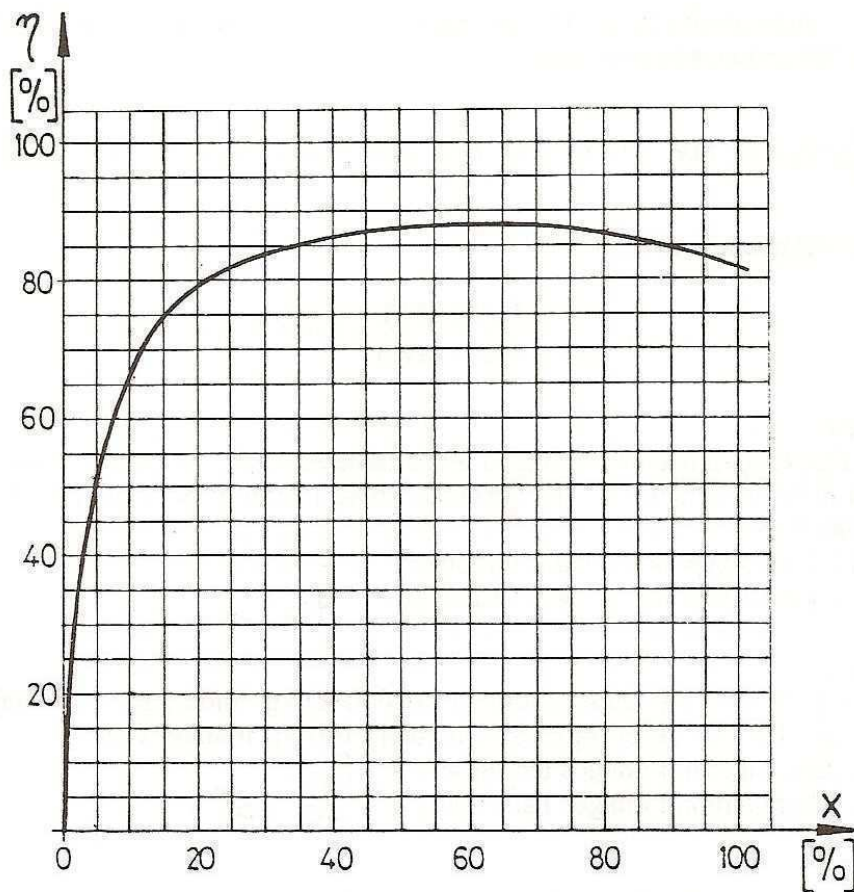
62. példa

Egy 20 kW-os villamos motor méréssel felvett hatásfok-terhelés jelleggörbáját tartalmazza a 25. ábra. A mérés egyéb adatai nem állnak rendelkezésre.

- Rajzolja meg a teljesítményveszteségeket a hasznos teljesítmény függvényében!
- Mennyi a $P_h = 0$ hasznos teljesítménynél kiolvasható üresjárási veszteség?

63. példa

Egy munkagép 4 órán át 7,2 kW, 3 órán át 6,5 kW és 1 órán át 2,1 kW hasznos teljesítményt fejt ki. Mekkora a 7 kW névleges teljesítményű munkagép közepes terhelése?



25. ábra

64. példa

Vízerőmű generátora egy hónap alatt 18 000 MWh villamos energiát termel. A generátor hajtó vízturbina 100 órán át 27 MW, 200 órán át 28,2 MW és 420 órán át 27,5 MW teljesítményt ad le. Mennyi a generátor átlagos hatásfoka?

K i d o l g o z á s:

Az átlagos hatásfok egyenlő a hasznos és bevezetett munka hányadosával.

$$\eta_{\text{átl}} = \frac{W_h}{W_b}$$

$$W_h = 18\,000 \text{ MWh.}$$

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

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

Behelyettesítve a fenti képletbe:

$$\eta_{\text{átl}} = \frac{W_h}{W_b} = \frac{18000 \text{ MWh}}{19890 \text{ MWh}} = 0,905 = \mathbf{90,5\%}$$

65.példa

Egy erőgép 4 órán át teljes terheléssel jár, hatásfoka ekkor 78%, 3 órán át 80%-os terheléssel jár, hatásfoka 76%, 1 órán át 30%-os terheléssel jár, hatásfoka 56%, majd a ciklus kezdődik előlről.

- a.) Mekkora a gép napi átlagos terhelése?
- b.) Mekkora a gép napi átlagos hatásfoka?

66. példa

Egy 90 kW-os Diesel-motor a 40 000 kJ/kg fűtőértékű nyersolajból 12 órás üzem alatt 200 kg-ot fogyaszt, eközben 2100 MJ munkát végez.

- a.) Mekkora a motor átlagos terhelése?
- b.) Mekkora a motor átlagos hatásfoka?

67. példa

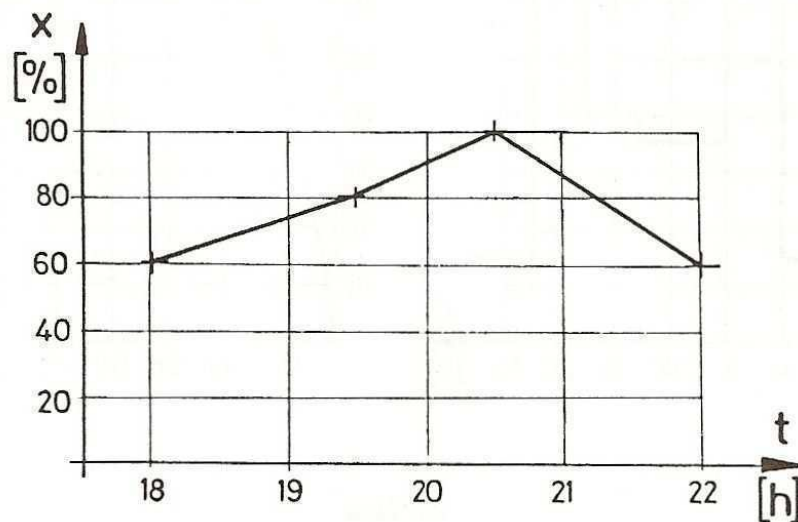
Egy munkagép periodikusan mindig egyforma munkafolyamatokat ismétel, melyek időtartama 40 min. A teljes terheléssel járó gép munkavégzés közben 8 kW teljesítményt vesz fel. A munkafolyamatok között 1,3 kW teljesítmény-felvétel mellett üresjáratban jár a gép, miközben munkadarabot cserélnek.

- a.) Hány perc alatt kell a munkadarab cseréjét elvégezni ahhoz, hogy a munkagéppel egy minimális 75%-os átlagos hatásfokot elérjünk? Munkavégzés közben a hatásfok 79%.
- b.) Mekkora a munkagép átlagos terhelése, ha a munkadarab cseréjét sikerül 10 perc alatt elvégezni?

68. példa

Egy kis települést ellátó saját áramszolgáltató telep terhelése a 26. ábra szerint változik az esti órákban.

- a.) Határozza meg a telep közepes terhelését a (18 - 22) óra közötti időszakra!
- b.) Az áramfejlesztő telep hatásfoka a 26. ábra táblázata szerint változik. Mennyi az átlagos hatásfok?



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

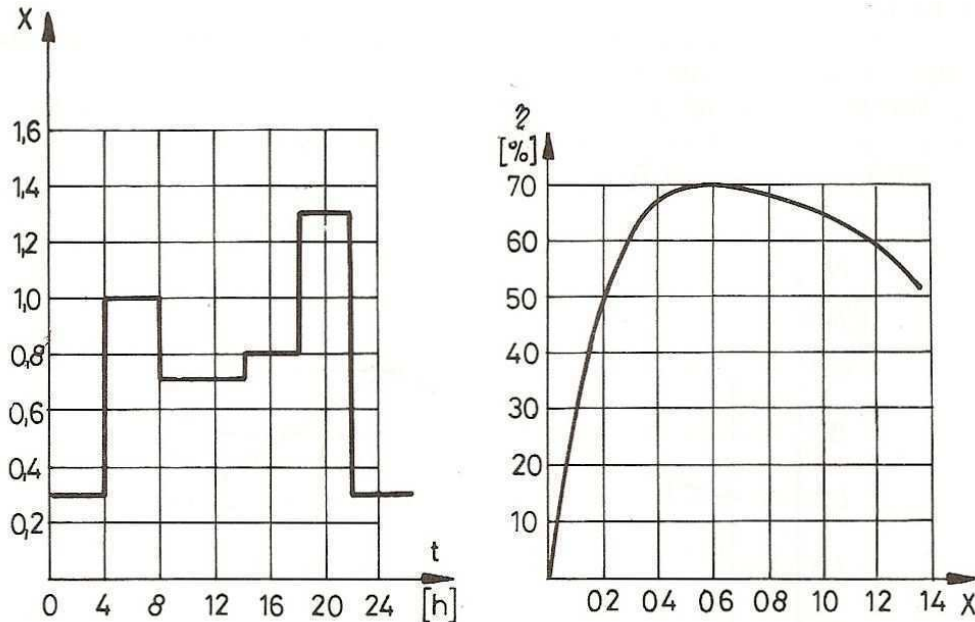
26. ábra

69. példa

A 27. ábrán egy vízművet tápláló, a vízfogyasztás nagyságával szabályozott szivattyútelep terhelésének napi változása és a szivattyútelep hatásfok-terhelés jelleggörbéje látható.

- a.) Határozza meg a szivattyútelep napi közepes terhelését!
- b.) Mennyi a telep napi átlagos hatásfoka?

- c.) Mennyi lenne az átlagos hatásfok, ha a telep egész nap a közepes terheléssel dolgozna?



27. ábra

70.példa

Egy termék előállításának állandó költsége 3 000 000 Ft/év, a változó költség 340 Ft/db. A termék ára 980 Ft/db lehet. Milyen évi kapacitással kell rendelkeznie a gyárnak, ha a minimális nyereség, amit ezzel a termékkel el kívánnak érni 60 Ft/db?

71. példa

Egy új mérőműszer kifejlesztésének, a gyártásához szükséges beruházásoknak a költsége és egyéb állandó költséget növelő kiadások összege 34 000 000 Ft. A változó költség 12 000 Ft/db és a tervezett ár 40 000 Ft/db. Az új mérőműszer várhatóan 5 évig lesz versenyképes. A gyárnak évi 300 db műszer gyártására van kapacitása. Megtérülnek-e az új gyártmány bevezetésének költségei?

K i d o l g o z á s :

Adott az állandó költség:

$$K_{\text{a}} = 34\,000\,000 \text{ Ft,}$$

a változó költség:	$a_v = 12\,000 \text{ Ft/db,}$
az évi kapacitás:	$M = 300 \text{ db/év}$
és az ár:	$\text{ár} = 40\,000 \text{ Ft/db.}$

Ezekből az adatokból kiszámítható a megtérülési idő: t_m . Ennyi ideig gyártva a szóbanforgó műszert az önköltség (a) éppen egyenlő lesz az árral. Tovább gyártva a műszert az önköltség csökken, így változatlan ár mellett nyereséges lesz a termék gyártása.

Az önköltség az állandó és a változó költségek összege:

$$a = \frac{K_o}{M \cdot t} + a_v$$

ezért

$$\frac{K_o}{M \cdot t_m} + a_v = \text{ár} \text{ a megtérülés feltétele. Innen}$$

$$t_m = \frac{K_o}{M(\text{ár} - a_v)} = \frac{34\,000\,000 \text{ Ft}}{300 \text{ db / év} (40\,000 \text{ Ft / db} - 12\,000 \text{ Ft / db})} = 4,05 \text{ év.}$$

Mivel $t_m = 4,05 \text{ év} < 5 \text{ év}$, érdemes a műszert gyártani.

A feladat kérdésére adott válasz: **igen**.

72. példa

Egy munkagép hajtásához 60 kW teljesítményre van szükség. A hajtás megvalósítható Diesel-motorral, amelynek hatásfoka 37%, vagy villamos motorral, amelynek hatásfoka 93%.

- Mennyi a Diesel-motor óránkénti olajfogyasztása, ha az olaj fűtőértéke 42 MJ/kg?
- Mennyibe kerül a Diesel-motor egy órai üzeme, ha a Diesel-olaj ára 2 Ft/kg és a kenőolaj-fogyasztás, üzemanyag-szállítás az üzemanyag-költséget 22%-kal emeli?
- Mekkora a villamos motor egy órai üzemének költsége 0,65 Ft/kWh átlagos villamosenergia-ár mellett?
- Mennyi az óránkénti megtakarítás, ha a fenti költségek esetén az olcsóbb megoldást választjuk?

73. példa

Egy vasútvonalszakasz tervezésekor el kell dönteni, hogy a Diesel- vagy a villamosvontatás költségei gazdaságosabbak-e.

A Diesel-vontatás beruházási költsége 110 millió Ft, a villamos vontatásé 334 millió Ft.

Az üzemköltségek (energiaköltség, fűtőházi munkák, munkabér, javítási költség, értékcsökkenés) a kétféle vontatásnál azonos évi elegytonna-kilométer teljesítményt feltételezve a következők: Diesel-vontatás: 7,9 millió Ft/hónap, villamos vontatás: 5,4 millió Ft/hónap. (Elegytonna-kilométernek nevezik a szerelvény tömege és a szerelvény által megtett úthossz szorzatát. Ezek évi összegének azonosságát feltételezzük.)

- a.) Hány év után térül meg a villamos vontatás többletberuházási költsége?
- b.) Rajzolja meg az összes költség változását a két vontatás esetében az üzemévek függvényében!

74. példa

Határozza meg, hogy ha egy jármű régi típusú Diesel-motorját új típusú motorra kicserélik, hány év alatt térül meg a csere a korszerű motor olcsóbb üzeme miatt!

Az új motor árát 100%-nak véve, az üzemköltség (javítási költség és anyagár, olajköltség, értékcsökkenési leírás stb.) a régi Diesel motorra 102%/év, az új motorra 66%/év. A járműbe régi Diesel-motor van beépítve, így annak beruházási költsége nincs.

75. példa

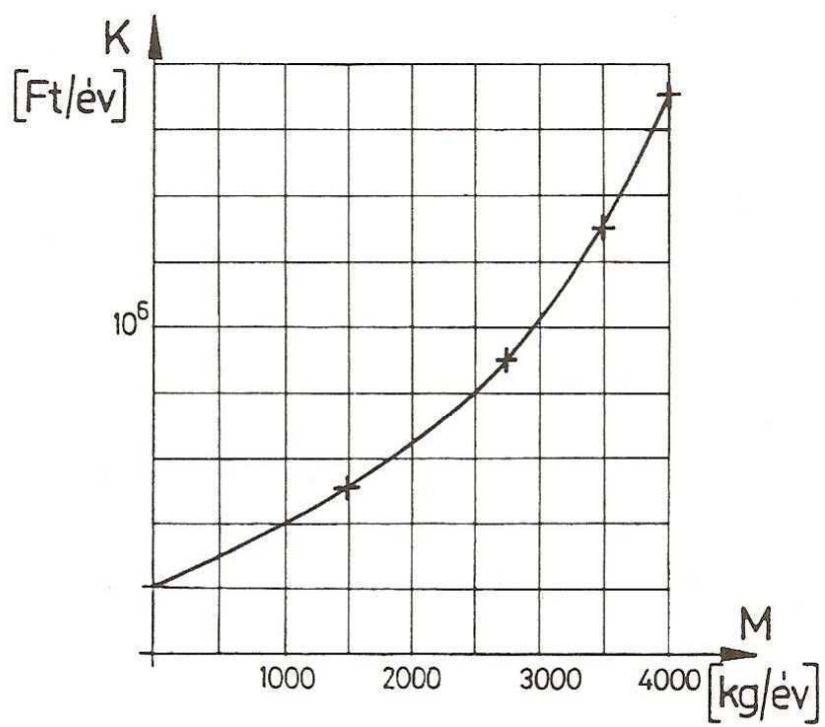
Egy textilfesték gyártáshoz növényi alapanyagot használnak fel. Az évi termelt mennyiség fokozásával a gyűjtési és szállítási költségek erőteljesen nőnek. A K évi összes költség az M termelt mennyiségtől a 28. ábrán látható módon függ. Az évi bevétel arányos a termelt mennyiséggel, a festék egységára 375 Ft/kg. Ábrázolja a nyereséget az évi termelt mennyiség függvényében!

- a.) Milyen évi festékmennyiség termelése a leg gazdaságosabb?
- b.) Mekkora minimális mennyiség biztosít a gyártó vállalatnak nyereséget?

76. példa

Egy nyomda ólomszedéssel működő szedőgépét korszerű fényszedőgéppel kívánják felcserélni. A korszerűbb gép beruházásából és üzeméből adódó állandó költségek 28%-át teszik ki a meglévő gép állandó költségei.

- a.) A hagyományos technológiával dolgozó gépen az 1 Gg nyomtatott papírtömegre vonatkozó változó költség 240%, ami az új gép alkalmazása esetén 200%-ra csökken. Milyen évi nyomtatott papírtömeg esetén érdemes az új technológiát bevezetni?
- b.) 3000 Mg/év termelés esetén mennyi a megtakarítás az új gép alkalmazása esetén %/év-ben kifejezve?



28. ábra

II. A GÉPEK VÁLTOZÓ SEBESSÉGŰ ÜZEME

77. példa

Egy mozdony vízszintes 600 m-es pályaszakaszon 150 kN állandó húzóerőt fejt ki. A vonat sebessége 36 km/h-ról 54 km/h-ra növekszik. A vonat tömege 1000 t.

- a.) Mekkora a mozgási energia megváltozása ezen a pályaszakaszon?
- b.) Mekkora az ellenállási erő?

78.példa

Egy álló helyzetből induló 800 kg tömegű gépkocsi 2,5 m/s² állandó gyorsulással mozog, amíg el nem éri a 72 km/h sebességet.

- a.) Mekkora a gyorsítási munka?
- b.) Mekkora a gyorsítás utolsó pillanatában a teljesítményszükséglet?

K i d o l g o z á s :

$$m = 800 \text{ kg}$$

$$a = 2,5 \text{ m/s}^2$$

$$v = 72 \text{ km/h}$$

Az utóbbi adatot számoljuk át SI-egységre!

$$v = 72 \text{ km / h} \cdot 1000 \text{ m / km} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 20 \text{ m / s}$$

- a.) A gyorsítóerő munkája a mozgási energia növekedéssel egyenlő.

Így

$$W = \Delta E_m = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 800 \text{ kg} \cdot (20 \text{ m / s})^2 = 160\,000 \text{ J} = \mathbf{160 \text{ kJ}}$$

- b.) Egy adott időpontban a teljesítmény az erő és a sebesség szorzataként számolható. Az indítás szakaszában a gyorsítóerő állandó, de a sebesség lineárisan nő. A gyorsítás utolsó pillanatában a gépkocsi elérte az üzemi sebességet. Az állandó gyorsítóerő

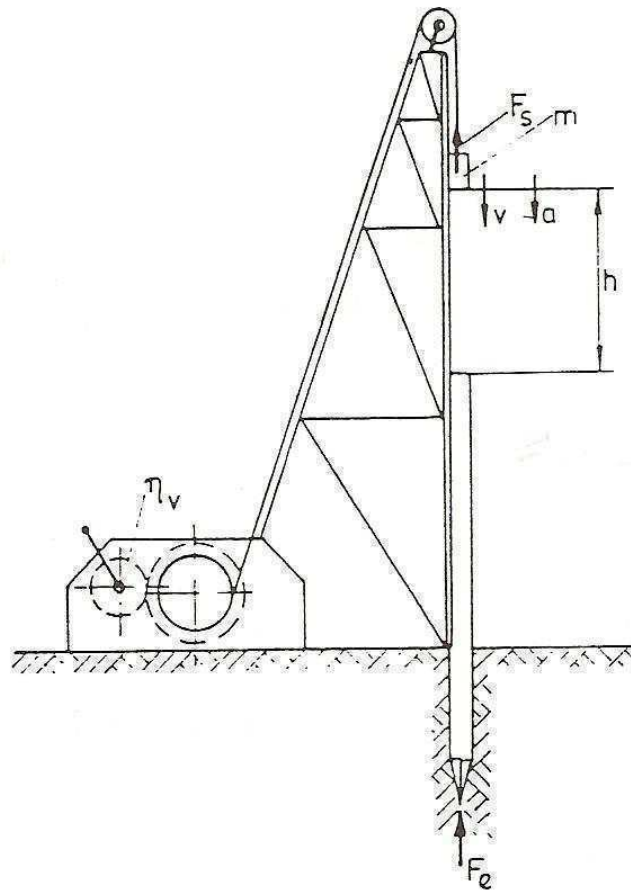
$$F = m a = 800 \text{ kg} \cdot 2,5 \text{ m / s}^2 = \mathbf{2\,000 \text{ N}}$$

A teljesítmény:

$$P = F v = 2000 \text{ N} \cdot 20 \text{ m / s} = 40\,000 \text{ W} = \mathbf{40 \text{ kW}}$$

79.példa

A 29. ábrán látható cölöpverő berendezés állandó $h = 4$ m ejtőmagasság-gal dolgozik. A kos tömeg 300 kg, a vezetékekben ébredő súrlódóerő 500 N. A cölöp beverésére fordítható munka a kos ütközéskori mozgási energiájának 60%-a.



29. ábra

- Mekkora a kos mozgási energiája az ütközés pillanatában?
- Mekkora az átlagos talajellenállási erő, ha a cölöp egy ütésre 15 mm-t hatol be a talajba?
- Mennyi a cölöpverés hatásfoka, ha a kos felhúzására szolgáló emelőberendezés (vitla) hatásfoka $0,85$?

80. példa

Egy négykerékes autó a fékezés kezdetekor 36 km/h sebességgel halad. A gumibroncs és a száraz úttest közti csúszósúrlódás tényezője $0,6$.

- Feltéve, hogy a kerekek "blokkolnak", vagyis a túl erős fékezés következtében csúsznak, mekkora úthosszon áll meg az autó?

b.) Hányszorosára nő a fékút, ha az úttest nedvessége miatt a súrlódási tényező felére csökken?

Oldjuk meg a feladatot mind dinamikai mind energetikai értelmezésmód alapján!

81. példa

Egy 25 Mg tömegű vasúti kocsi sebessége a gurító alján 2 m/s. A kerekek és a sín között a gördülőellenállás tényezője 0,008. Milyen messzire gurul a kocsi a vízszintes pályaszakaszon? (A légellenállást elhanyagoljuk.)

Mekkora fékezőerő szükséges ahhoz, hogy felényi fékúton álljon meg?

82. példa

Egy 5 tonnás teherautót 54 km/h sebességről megállásig fékezünk. A gördülőellenállás tényezője 0,04, a fékezőerő 1500 N. Mekkora a teherautó fékútja? Mennyi hőmenyiség keletkezik a fékekben?

K i d o l g o z á s :

"5 tonnás" itt a teherautó össztömegét kell értenünk.

Így $m = 5 \text{ t} = 5000 \text{ kg}$

$v = 54 \text{ km/h}$

$\mu_g = 0,04$

$F_f = 1500 \text{ N}$

A sebességet számítsuk át SI-egységre!

$$v = 54 \text{ km/h} \cdot 1000 \text{ m/km} \cdot \frac{1}{3600} \frac{\text{h}}{\text{s}} = 15 \text{ m/s}$$

A megállási szakaszban a mozgási energiát emészti fel a gördülőellenállás és a fékezőerő. A mozgási energia:

$$E_m = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 5000 \text{ kg} \cdot (15 \text{ m/s})^2 = 562,5 \text{ kJ}$$

A gördülőellenállás és a fékezőerő munkája a mozgási energia csökkenéssel egyenlő.

$$(\mu_g \cdot m \cdot g + F_f) s = \frac{mv^2}{2}$$

$$s = \frac{mv^2}{2(\mu_g mg + F_f)} = \frac{562\,500 \text{ J}}{0,04 \cdot 5000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 + 1500 \text{ N}} = 162,5 \text{ m}$$

A fékező erő munkája hővé alakul:

$$W_f = F_f \cdot s = 1500 \text{ N} \cdot 162,5 \text{ m} = \mathbf{244 \text{ kJ}}$$

83. példa

Két, egyenként 800 kg tömegű személygépkocsi vízszintes, párhuzamos pályán halad, egyik 60 km/h, másik 40 km/h sebességgel. A gördülési ellenállás tényezője 0,04. Épp egymás mellé érnek, mikor az 50 m-re levő közlekedési jelzőlámpa pirosra vált.

- Mekkora fékezőerő kell mindkettőnél ahhoz, hogy egyenletesen lassulva épp a lámpánál álljanak meg?
- Rajzolja meg a két kocsi mozgásának menetábráját!
- Mikor a lassabban haladó kocsi 25 méterre van a lámpától, hol tart a másik?

84. példa

10 t tömegű kocsi vontatásához 30 kN nagyságú, a pályával mindig párhuzamos vonóerő áll rendelkezésre. Az 50 m hosszú vízszintes pályához 30 m hosszú 12° hajlásszögű emelkedő kapcsolódik, majd a pálya ismét vízszintesbe hajlik. A pályaelenállás tényezője mindvégig 0,05 értékű.

- A pálya elejéről induló kocsi milyen sebességgel ér az emelkedő és az emelkedő felső végéhez?
- Az újabb vízszintes szakaszon mennyi út befutása után éri el a 80 km/h üzemi sebességet?
- Rajzolja meg a kocsi sebességének és mozgási energiájának változását az idő függvényében!

85. példa

Egy bányacsille 10 m magas, 11° hajlásszögű lejtő tetején elszabadul. A gördülőellenállás tényezője 0,08.

- Mekkora gyorsulással indul lefelé?
- Mekkora a sebessége a lejtő alján?
- Mekkora utat tesz meg a lejtő aljához csatlakozó 3%-os emelkedőn, ha az ellenállástényező ezen a szakaszon is 0,08 értékű?

86. példa

Egy tehergépkocsi rakfelületén kötömböt szállít. A kötömb és a rakfelület közt a súrlódási tényező 0,6.

- Mekkora gyorsulással indulhat a gépkocsi vízszintes pályán, hogy a kötömb rakfelületen ne csússzék meg?
- Mekkora lehet a gyorsulás, ha a gépkocsi 14%-os lejtőn indul felfelé?
- Milyen meredek lehet az a lejtő, amelyen a gépkocsi lefelé haladtában 3 m/s^2 lassulással meg tud állni anélkül, hogy a kötömb megcsúszna?

87. példa

Egy 700 kg tömegű gépkocsi vízszintes pályán egyenletesen gyorsulva 230 m út befutása után éri el a 100 km/h sebességet, majd állandó sebességgel halad. A gördülési ellenállás tényezője 0,05, a légellenállás a sebesség négyzetével változik: $F_1 = k \cdot v^2$, ahol $k = 1 \text{ kg/m}$.

- Ábrázolja a sebesség és a mozgatóerő változását az idő függvényében!
- Mennyi az indításkor szükséges legnagyobb vontatási teljesítmény? Ábrázolja a teljesítmény változását is az idő függvényében!
- Mekkora az egyenletesen haladó kocsi mozgási energiája? Jelölje a teljesítményábrában a mozgási energiának megfelelő területet!

88.példa

Tömör tárcsa alakú lendítőkerék 24 cm átmérőjű tengelye két helyen szimmetrikusan van csapágyazva. A 2,5 m átmérőjű lendkerék tömege 6000 kg. A csapágyakban a súrlódási tényező 0,04.

- Mekkora a csapsúrlódásból adódó fékezőnyomaték?
- Mennyi idő múlva fog a 300/min fordulatszámnál magára hagyott lendkerék megállni?
- Hány fordulatot tesz meg ezalatt?

89. példa

Egy gépcsoport forgó részeinek tehetetlenségi nyomatéka $62 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$. Az állandó indítónyomaték $820 \text{ N} \cdot \text{m}$, a csapágyakban ébredő súrlódási ellenállás legyőzéséhez $165 \text{ N} \cdot \text{m}$ nyomaték szükséges.

- Mennyi idő alatt gyorsul fel a gép 1200/min fordulatszámra?
- Mennyi a mozgási energiája ezen a fordulatszámon?
- Mekkora hajtónyomaték szükséges a fordulatszám tartásához?

90. példa

Egy gépcsoport forgó részének tehetetlenségi nyomatéka $132 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$. A fordulatszám 750/min. A megállítás szakaszában összesen $310 \text{ N} \cdot \text{m}$ állandó fékezőnyomaték hat rá.

- Mekkora a szöglassulás?
- Mennyi idő alatt áll meg a gép?
- Hány fordulatot tesz a forgórész a megállás idejének első és hányat a második felében?

91. példa

3000 kg tömegű, 2,8 m átmérőjű lendítőkerék 210/min fordulatszámmal jár. A redukálási tényező 0,8, a csapsúrlódások nyomatéka $49 \text{ N} \cdot \text{m}$.

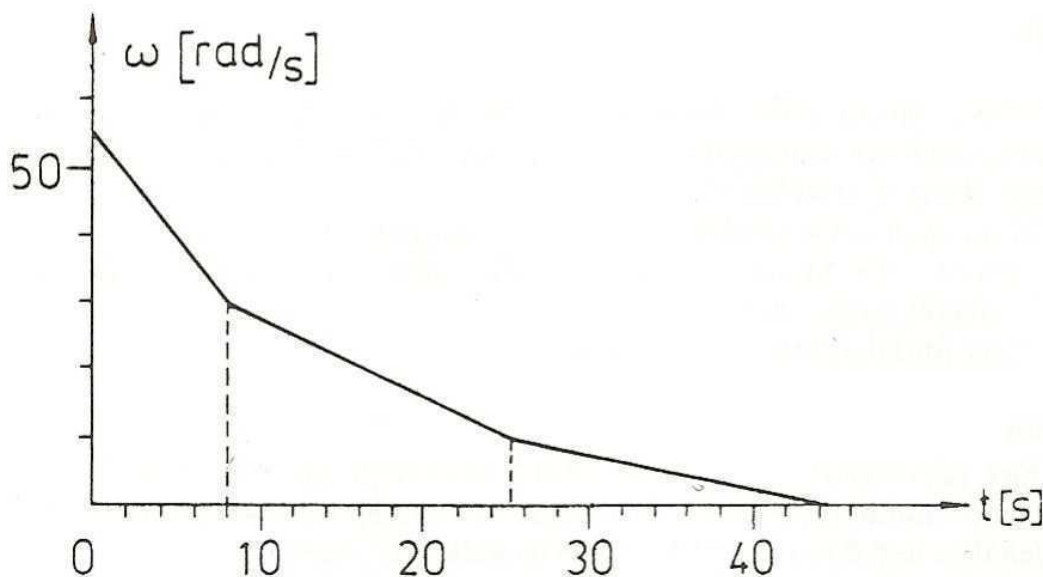
- Mennyi idő múlva áll meg a kerék szabad kifutással?

- b.) A lendkerék kerületéhez kétoldaltól, egymással szemben 500 N erővel fékpofákat nyomunk. A súrlódási tényező 0,15. Mennyi ideig kell a fékpofákat a lendkerékhez szorítani, hogy az a szabad kifutás fele ideje alatt álljon meg?

92. példa

Egy gépcsoport forgó részeinek szögsebessége a megállási szakaszban a 30. ábrán látható diagram szerint csökken. A forgó részek tehetetlenségi nyomatéka $120 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$.

- a.) Állapítsa meg a fékezőnyomaték nagyságát az egyes szakaszokban!
b.) Határozza meg, hogy hány fordulatot tesz a gép az egyes szakaszokban!



30. ábra

93. példa

Egy gépegység forgó része 0,4 m sugáron elhelyezkedő 46 kg, 0,8 m sugáron elhelyezkedő 310 kg és 0,56 m sugáron elhelyezkedő 82 kg tömegekből áll. A gép forgása közben 87 $\text{N}\cdot\text{m}$ ellenállásokból adódó nyomaték ébred. Mennyi idő alatt gyorsul fel a gép 2100/min fordulatszámra, ha az állandó indítónyomaték nagysága 420 $\text{N}\cdot\text{m}$?

94. példa

Egy gépcsoport forgó részének tehetetlenségi nyomatéka 8,5 $\text{kg}\cdot\text{m}^2$. A fordulatszám 1000/min. A megállási szakasz elején a csapsúrlódási nyomatékon kívül fékezőnyomaték is hat a forgó részre. A szögsebesség ezalatt a 31. ábra szerint csökken.

- a.) Mekkora a csapsúrlódási nyomaték?

- b.) Mekkora a külső fékezőnyomaték?
 c.) Mennyi idő alatt állna meg a gép szabad kifutással?

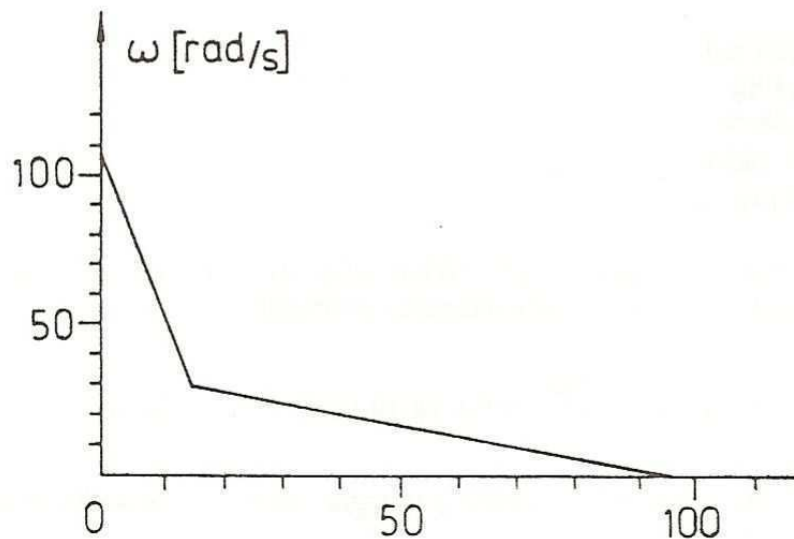
95. példa

Egy gépcsoport forgó részének tehetetlenségi nyomatéka $31 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$. Az elérni kívánt üzemi fordulatszám $1200/\text{min}$. Mekkora állandó nyomaték szükséges az üzemi fordulatszámra oly módon történő felgyorsításához, hogy az indítási szakaszban megtett fordulatok száma 500 legyen?

A csapsúrlódási nyomaték $6 \text{ N}\cdot\text{m}$.

96. példa

Mennyi a mozgási energiája egy $3,6 \text{ kg}$ tömegű, 26 cm átmérőjű, $2,7 \text{ rad/s}$ szögsebességgel csúszásmentesen gördülő karikának?



31. ábra

97. példa

Mennyi a mozgási energiája egy 6 kg tömegű 32 cm átmérőjű, $3,1 \text{ rad/s}$ szögsebességgel csúszásmentesen gördülő tömör tárcsának?

98. példa

Egy 25 kg tömegű, 32 cm átmérőjű tömör tárcsát 20 s alatt egyenletesen 69 rad/s szögsebességre gyorsítunk. A csapsúrlódási nyomaték $0,1 \text{ N}\cdot\text{m}$. Ábrázolja a szükséges teljesítmény változását az idő függvényében a gyorsítási szakaszban és az azt követő állandó szögsebességű üzemállapotban?

99. példa

Egy forgó géprést 35 másodperc alatt gyorsítunk fel egyenletesen az 1000/min üzemi fordulatszámra. A gyorsítási szakasz végén mérhető legnagyobb teljesítmény 185 W. A csapsúrlódási nyomaték 0,35 N·m. Mennyi a forgó géprész mozgási energiája az üzemi fordulatszámon?

100. példa

Mekkora nyomaték gyorsította az 5,4 kg tömegű, 0,28 m átmérőjű, gyűrű alakú géprést, ha szögsebessége 300 fordulat közben 57 rad/s-ról 94 rad/s-ra nőtt?

K i d o l g o z á s:

A "300 fordulat" $300 \cdot 2 \pi = 1884$ rad szögelfordulást jelent. Így az adatok:

$$\varphi = 1884 \text{ rad}$$

$$m = 5,4 \text{ kg}$$

$$D = 0,28 \text{ m}$$

$$\omega_1 = 57 \text{ rad/s}$$

$$\omega_2 = 94 \text{ rad/s}$$

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

$$\Theta = m \cdot R^2 = m \left(\frac{D}{2} \right)^2 = 5,4 \text{ kg} \cdot (0,14 \text{ m})^2 = 0,106 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

A gyorsító nyomaték munkája a mozgási energia növekedéssel egyenlő. Ez utóbbi:

$$\begin{aligned} \Delta E_m &= \frac{\Theta \omega_2^2}{2} - \frac{\Theta \omega_1^2}{2} = \frac{0,106 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot (94 \text{ rad/s})^2}{2} - \\ &\quad - \frac{0,106 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 (57 \text{ rad/s})^2}{2} = 468 \text{ J} - 172 \text{ J} = 296 \text{ J} \end{aligned}$$

A gyorsító nyomaték így:

$$M = \frac{\Delta E_m}{\varphi} = \frac{296 \text{ J}}{1884 \text{ rad}} = \mathbf{0,157 \text{ N} \cdot \text{m}}$$

101. példa

Mekkora nyomatékkal kell fékeznünk egy kikapcsolt villamos mérleggép $6,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ tehetetlenségi nyomatékú, $1000/\text{min}$ fordulatszámú tengelyrendszerét, ha azt akarjuk, hogy fél perc alatt megálljon? A csapágysúrlódások fékező hatása elhanyagolhatóan kicsi.

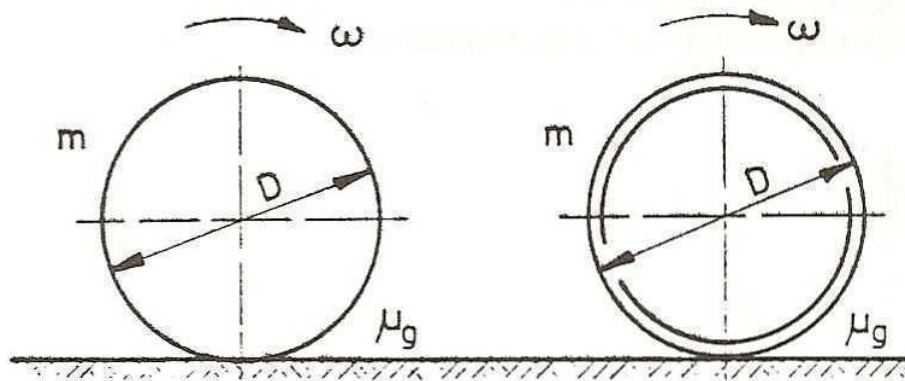
102. példa

Egy tömör tárcsa és egy karika tömege és átmérője egyaránt $1,5 \text{ kg}$, illetve $0,35 \text{ m}$ (32. ábra). Mindkettő tiszta gördüléssel mozog. Szögsebességük is megegyezik: $3,2 \text{ rad/s}$.

- Mekkora a karika mozgási energiája?
- Mekkora a tömör tárcsa mozgási energiája?
- Ha az azonos szögsebességnél mindkettőt magára hagyjuk, melyikük gurul messzebbre? Hányszor messzebbre gurul a távolabb gördülő test? A gördülő ellenállási tényezők azonosak.

103. példa

Mennyi idő alatt gyorsítható fel egyenletesen a $13,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ tehetetlenségi nyomatékú forgó géprész a $600/\text{min}$ üzemi fordulatszámra, ha a teljesítmény nem haladja meg a $0,8 \text{ kW}$ értéket? A csapsúrlódási nyomaték $1,35 \text{ N}\cdot\text{m}$.



32. ábra

104. példa

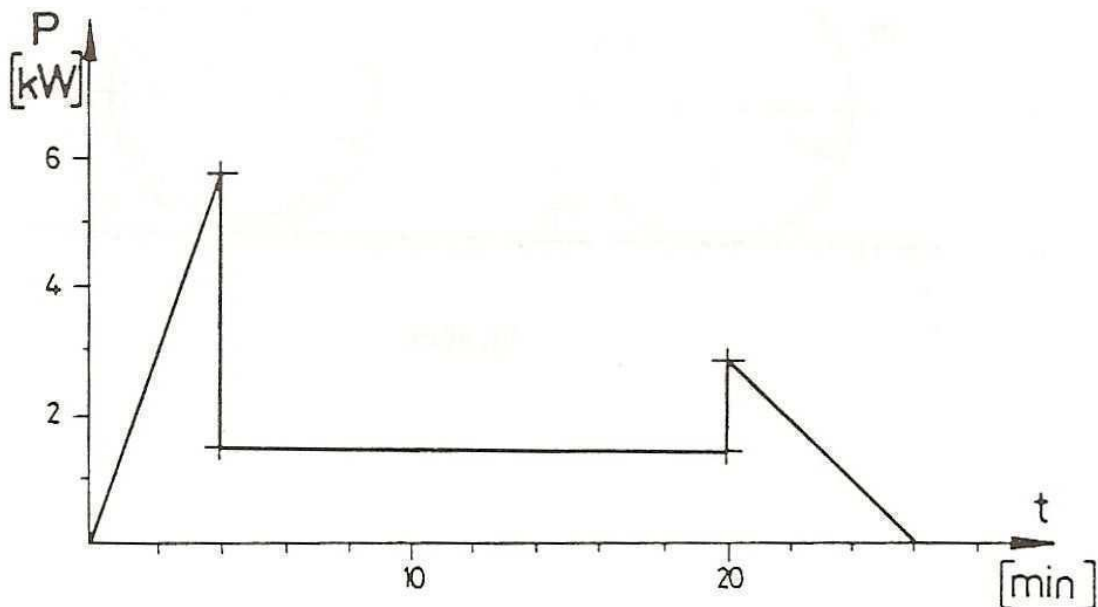
A 33. ábrán egy lendítőkerékre ható nyomatékok teljesítményének ábráját látjuk az idő függvényében. A *tömör tárcsa* alakú lendítőkerék tömege 3000kg, tengelyének átmérője 15 cm, a szimmetrikusan elhelyezett csapágyakban a súrlódási tényező 0,03.

- Mekkora a lendítőkerék fordulatszáma az állandó szögsebességű üzemállapotban?
- Mekkora a lendítőkerék átmérője?
- Jelölje ki a diagramban az állandó szögsebességhez tartozó mozgási energiával arányos területeket, és számítsa ki a mozgási energiával arányos területeket, és számítsa ki a mozgási energia nagyságát!

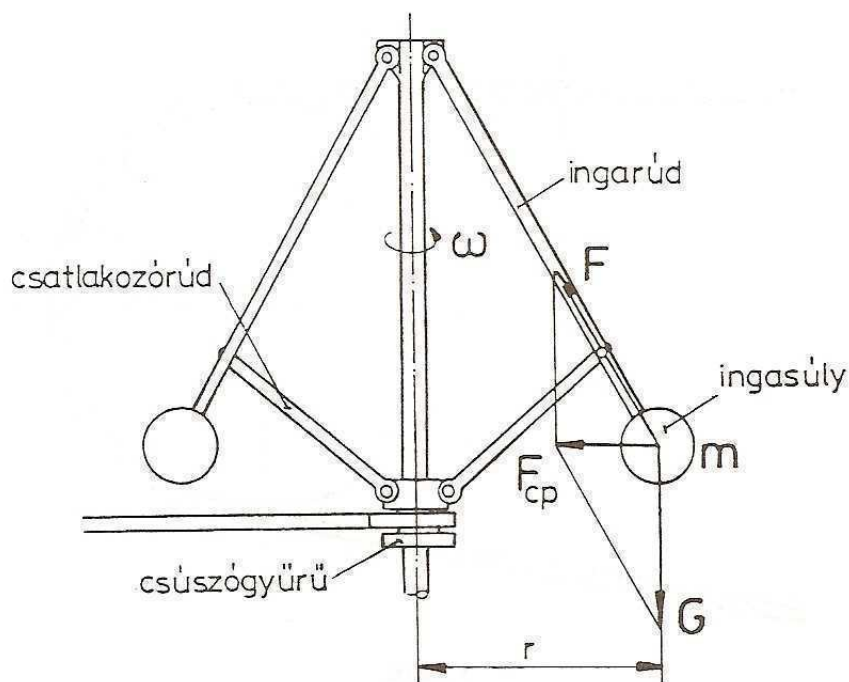
105. példa

Tömör tárcsa alakú lendítőkerék 16 cm átmérőjű tengelye két helyen szimmetrikusan van csapágyazva. Az 1,5 m átmérőjű lendkerék tömege 2000 kg. A csapágyakban a súrlódási tényező 0,06.

- Mekkora a csapsúrlódási nyomaték?
- Készítse el a teljesítmény változásának diagramját az idő függvényében! A lendkerék a 720/min fordulatszámot állandó gyorsítónyomaték hatására 2 perc alatt éri el, majd 3 perc állandó fordulatszámú üzemállapot után szabadon kifutva megáll.
- Mekkora külső fékezőnyomaték kell, hogy a lendítőkerék a szabad kifutás idejének fele alatt álljon meg?
- Rajzolja meg a módosult megállási szakasz teljesítményvonalát!



33. ábra



34. ábra

106. példa

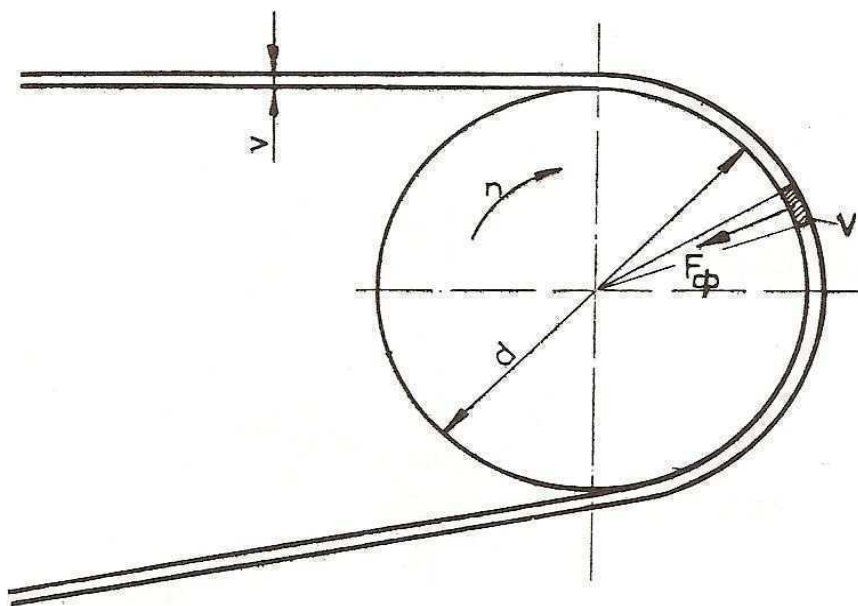
A 34. ábrán vázolt fordulatszám-szabályozó inga rúdjaiban ébredő F erő és a G súly eredő ereje az $m = 0,1$ kg tömegű, $\omega = 18$ rad/s szögsebességgel keringő ingasúlyra ható F_{cp} centripetális erővel egyenlő.

Az ingasúly a vázolt helyzetben a forgástengelytől $r = 4$ cm távolságra van. Mekkora F erő ébred az ingarúdban? (Az ingarudat a csúszógyűrűvel összekötő csatlakozórúdban ébredő erő elhanyagolható.)

107. példa

Szíjhajtások szíja üzem közben megnyúlik, ezt a tervezés során figyelembe kell venni. A megnyúlás oka az, hogy a szíjban a szíjat körpályán tartó centripetális erő létrehozásához húzóerő ébred.

- a.) A kisebbik szíjtárcsa átmérője $d = 80$ mm, fordulatszáma $n = 2880/\text{min}$ (35. ábra). Mekkora a tárcsán éppen átforduló szíjszegmens centripetális gyorsulása? A szíj v vastagsága d mellett elhanyagolható.
- b.) Mekkora e szíjrész egy $V = 2$ cm³ térfogatú "elemi" darabkáját körpályán tartó F_{cp} centripetális erő? A vászonbetétet gumiszíj sűrűsége $1,25$ kg/dm³.

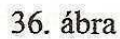


35. ábra

108. példa

Építőipari szállítószalag hevederjét két dob és egy kettős görgősor vezeti. A dobok átmérője $D = 380 \text{ mm}$. A heveder kerületi sebessége $v = 1 \text{ m/s}$, a dob és a heveder között nincs csúszás. A szállítószalag $\alpha = 20^\circ$ -os szöget zár be a vízszintessel (36. ábra).

- Mekkora egy kisméretű szállított anyagrészre ható erő sugárirányú és érintő irányú összetevője a függőlegessel bezárt olyan φ szög esetén, amikor az anyagrész és a heveder együtt mozog? A hevederen a súrlódási tényező $\mu = 0,6$.
- Mekkora φ_{cs} szögnél csúszik meg az anyagrész a hevederen?
- Mekkora φ_{el} szögnél válik el az anyagrész a hevedertől, ha a csúszás miatti sebességnövekedéstől eltekintünk? Csúszás esetén a határszög nő, vagy csökken?



Egy 1440/min fordulatszámmal forgó gépalkatrészben 135 mm-re a forgástengelytől egy 6 mm átmérőjű, 15 mm hosszú furat van. Az acélból készült forgó alkatrész ettől eltekintve a forgástengelyre szimmetrikus. Mekkora - forgástengelyre merőleges - erő ébred amiatt, hogy a furat megbontja a szimmetriát? Az acél sűrűsége 7800 kg/m³.

A kérdéses erő a furat miatt hiányzó tömegmennyiséget kényszerítene körpályára.

$n = 1440/\text{min}$
 $R = 0,135 \text{ m}$
 $r = 0,006 \text{ m}$
 $l = 0,015 \text{ m}$
 $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60 \text{ s/min}} = \frac{2\pi \cdot 1440 \text{ / min}}{60 \text{ s/min}} = \mathbf{150,8 \text{ rad/s}}$$

Számítsuk ki a hiányzó anyagmennyiséget!

Egy körhenger térfogatát kell első lépésben meghatároznunk,

$$V = r^2 \pi l = (0,006 \text{ m})^2 \pi \cdot 0,015 \text{ m} = 0,424 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

A hiányzó tömeg:

$$m = \rho V = 7800 \text{ kg / m}^3 \cdot 0,424 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 3,3 \text{ g}$$

A szimmetriát megzavaró, a forgástengelyre merőleges erő nagysága:

$$F_{cp} = mR\omega^2 = 0,0033 \text{ kg} \cdot 0,135 \text{ m} \cdot \left(150,8 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)^2 = 10,1 \text{ N}$$

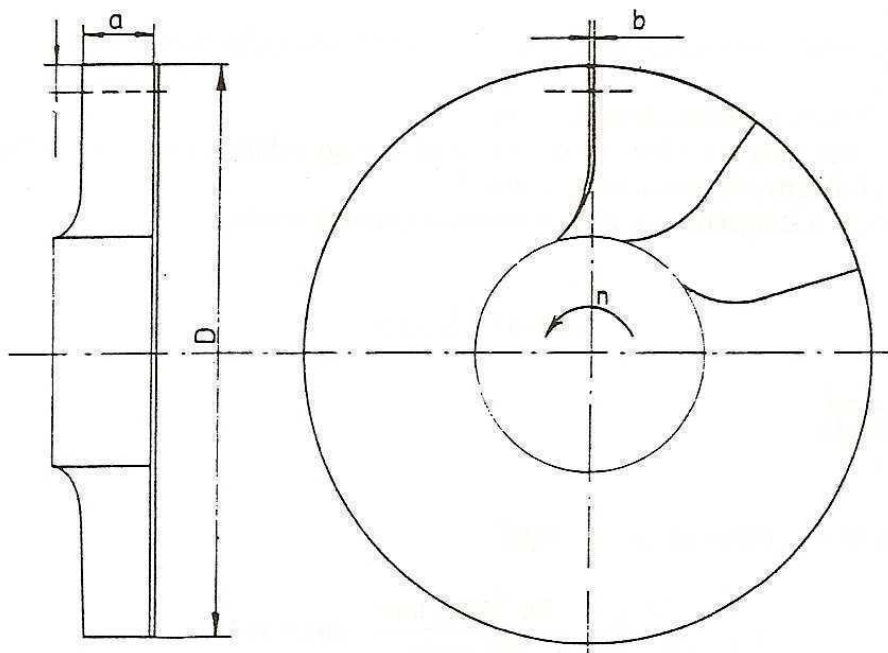
110. példa

Egy kompresszor járókerekének (37. ábra) fordulatszáma $n = 8000/\text{min}$. A járókerék külső átmérője $D = 250 \text{ mm}$. A járókerék lapátjai a kerék kerülete közelében sugárirányúak, forgástengely irányú szélességük, $a = 28 \text{ mm}$, vastagságuk, $b = 3,6 \text{ mm}$.

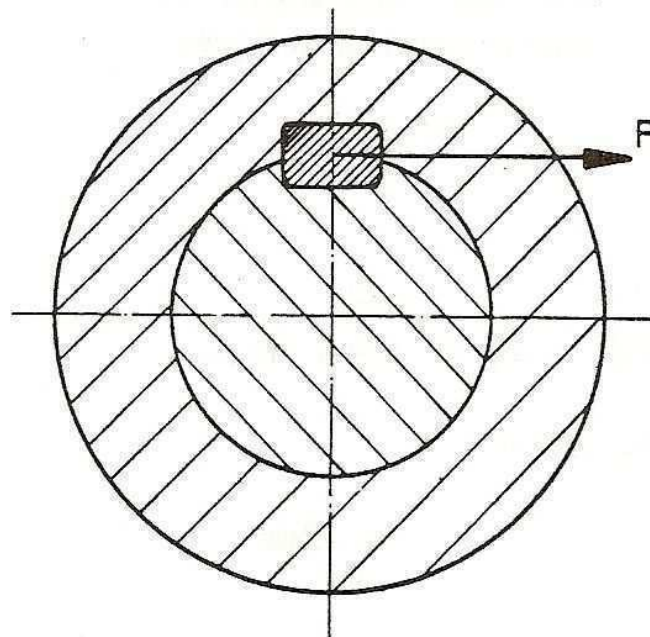
- Mekkora erő akarja leszakítani a lapátok legkülső, $l = 1 \text{ cm}$ hosszú, sugár irányú darabját, ha a lapát anyagának sűrűsége $7,8 \text{ kg/dm}^3$?
- Számítsa ki az egységnyi lapáttömegre ható erőt, mint a sugár függvényét! Hányszorosa ez a földi nehézségi gyorsulásnak a kerék kerületén?

111. példa

Egy 1 m átmérőjű tömör tárcsa alakú lendítőkerék 100 mm átmérőjű tengelyre van felékelve. A lendítőkerék tömege $1,5 \text{ Mg}$, a redukálási tényező $0,5$. Mekkora érintőirányú F erőre kell a 38. ábrán látható tengelyben elhelyezett éket méretezni? A lendítőkerék szöggyorsulása $0,15 \text{ rad/s}^2$.



37. ábra



38. ábra

112.példa

Egy belsőégésű motor lendítőkerekének tehetetlenségi nyomatéka $0,4 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$.

A motor közepes fordulatszáma $2500/\text{min}$.

- a.) Határozza meg a robbanómotor egyenlőtlenlégi fokát, ha az egy periódus alatt elraktározott munkatöbblet 100 J .
- b.) Mekkora a szögsebesség maximális és minimális értéke?

K i d o l g o z á s:

$$\Theta = 0,4 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$$

$$n_k = 2500/\text{min}$$

$$W = 100 \text{ J}$$

Számítsuk ki a közepes szögsebességet!

$$\omega_k = \frac{2\pi n_k}{60 \text{ s} / \text{min}} = \frac{2\pi \cdot 2500 / \text{min}}{60 \text{ s} / \text{min}} = 261,8 \text{ rad} / \text{s}$$

a.) Az egy periódus alatt elraktározott munkatöbblet (W) és az egyenlőtlenlégi fok (δ) között levezetett összefüggés

$$W = \Theta \omega_k^2 \delta$$

Ebből

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

b.) Az egyenlőtlenlégi fok a

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

kifejezésből

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

A közepes szögsebesség a szélsőértékek számtani közepe.

Így

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

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

113. példa

300/min közepes fordulatszámmal forgó lendkerék tengelyét periodikusan változó nyomaték terheli: negyed fordulaton át 300 N.m, majd háromnegyed fordulaton át 70 N.m.

- Rajzolja meg a terhelésingadozást az idő függvényében!
- Milyen nagy állandó hajtónyomatékra van szükség, ha a közepes fordulatszámot tartani akarjuk?
- Ábrázolja a 150 kg tömegű 0,8 m átmérőjű tömör tárcsa alakú lendítőkerék energiatartalmában bekövetkező változást az idő függvényében!

114. példa

Munkagépet 2000 N.m állandó nyomatékkal indítunk. A terhelőnyomaték 1 s-on át 1750 N.m, 2 s-on át 200 N.m, periodikusan változik. A 82,2/min közepes üzemi fordulatszámmal forgó részek 1,8 m átmérőre redukált tömege 2500 kg.

- Rajzolja meg az indítás idejére a szögsebesség változását az idő függvényében!
- Mennyi idő kell az üzemi fordulatszám eléréséhez?
- Mekkora állandó hajtónyomaték kell a közepes fordulatszám tartásához, és milyen egyenlőtlenségi fokot biztosít ekkor a lendkerék?

115. példa

Egy 10 t tömegű lendkerék 10 másodperc alatt gyorsul fel a 250/min üzemi fordulatszámra. A kerék átmérője 2,6 m, a redukálási tényező 0,7. A lendkerék tengelye 150 mm átmérőjű két szimmetrikusan elhelyezett csapágában forog. A csapsúrlódási tényező értéke 0,03. Egy perccel azután, hogy a kerék elérte az üzemi fordulatszámot áramkimaradás miatt leáll a hajtómotor.

- Mekkora a szabadkifutás ideje?
- Mekkora teljesítmény szükséges a 250/min állandó fordulatszám biztosításához?
- Rajzolja meg a lendkerék menetábráit az idő függvényében!
(Szögsebesség, szöggyorsulás, nyomaték, teljesítmény, energia).

116. példa

Egy kulisszás hajtómű lökete 300 mm, fordulatszáma 140/min. Az egyenesbe vezetett részek tömege 25 kg. Mekkora maximális erő szükséges az egyenesbe vezetett részek gyorsítására?

117. példa

Rajzolja meg egy kulisszás hajtómű egyenesbe vezetett részeinek sebességét és gyorsulását az idő és löket függvényében! A hajtómű fordulatszáma 120/min, lökete 90 mm. Számításait táblázatosan végezze!

118.példa

Fémnyomógép nyomószerszámát 1,2 m hajtórúdhosszúságú excenter segítségével mozgatjuk a függőleges vezetékben. A körhagyótárcsa fordulatszáma 1/s, a szerszám lökethossza 0,12 m (39. ábra).

- a.) Mekkora a szerszám legnagyobb sebessége és gyorsulása?
- b.) Számítsa ki a szerszám közepes sebességét!
- c.) A hajtóművet végtelen hajtásrudasnak feltételezve rajzolja meg a sebesség, út és gyorsulás változását az idő függvényében!

119.példa

45 kg tömegű rázószita megkívánt legnagyobb gyorsulása 5 m/s^2 .

A vízszintes vezetékben mozgó szitát 0,1 m forgattyúsugarú kulisszás hajtóművel mozgatjuk (40. ábra).

- a.) Milyen frekvenciával lengjen a szita, hogy a kívánt gyorsulást elérjük?
- b.) Számítsa ki a szitát és a kulisszavezeték összekötő rudazatot terhelő legnagyobb húzóerőt!
- c.) Mekkora lenne a szükséges fordulatszám, ha a feladatot kulisszás hajtómű helyett 1/5 hajtórúdviszonyú forgattyús hajtóművel oldanánk meg?

120. példa

Kulisszás hajtómű 0,4 m hosszúságú forgattyúja 90/min fordulatszámmal forog. Az egyenesbe vezetett részek holtponti helyzetéből számítva az időt, 0,24 s telt el.

- a.) Milyen nagyságú és irányú sebességgel mozog ekkor a kulisszavezeték?
- b.) Mennyi utat tett meg a holtponttól a kulisszavezeték, és mennyi ekkor a gyorsulás?
- c.) Mekkora ebben a pillanatban a kulisszakő sebessége a kulisszavezetékhez képest?

121. példa

Vízszintesen mozgó fémfűrészkeretet olyan kulisszás hajtóművel mozgatunk, amelynek forgattyúsugár-hossza (0,2 - 0,35) m között változtatható. (41.ábra.). A vágási sebesség nem haladhatja meg az $1,5 \text{ m/s}$ értéket.

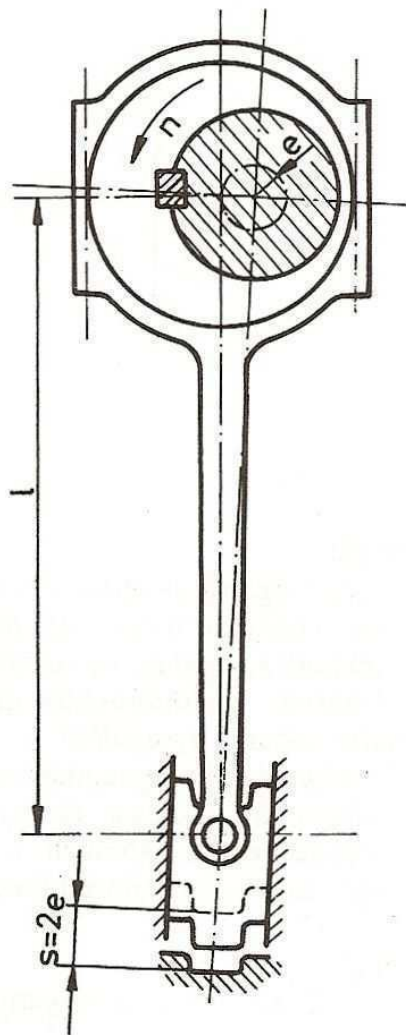
- a.) Milyen határok között kell változtatni a forgattyú fordulatszámát, ha azt akarjuk, hogy a vágási sebesség maximuma a lehetséges forgattyúsugár tartományban mindig elérje a megengedett értéket?
- b.) Mekkora maximális gyorsulások lépnek fel így a legnagyobb és legkisebb forgattyúsugár esetén?
- c.) Mennyi a fenti esetekben a fűrész közepes sebessége?

122. példa

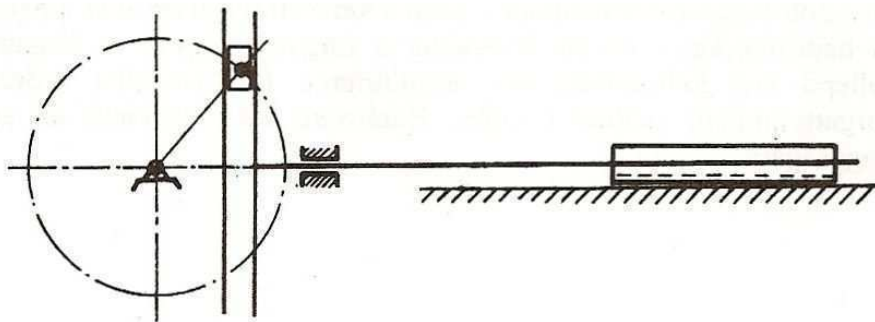
Vázoljon méretarányosan forgattyús hajtóművet! A hajtómű fordulatszáma 120/min, lökete 120 mm, a hajtórúd viszony 0,2. Mennyi idő szükséges a forgattyúcsap egyszeri körülfordulásához?

123.példa

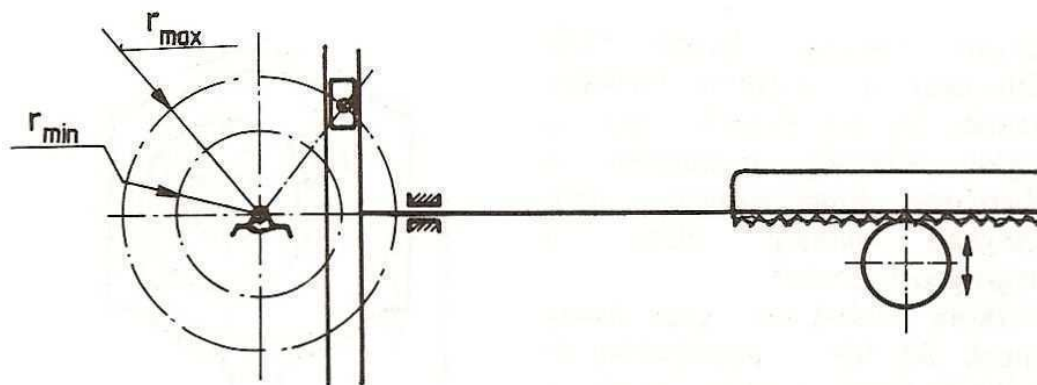
Alkalmas-e a 115/min fordulatszámú 35 mm forgattyúsugarú forgattyús hajtómű annak az egyszeres működésű dugattyús szivattyúnak a hajtására, melynek közepes elméleti folyadékszállítása 2,43 m³/h, dugattyú átmérője 80 mm? Megvalósítható-e ugyanez a vízszállítás 83 mm löketű 97/min fordulatszámú kulisszás hajtóművel?



39. ábra



40. ábra



41. ábra

124. példa

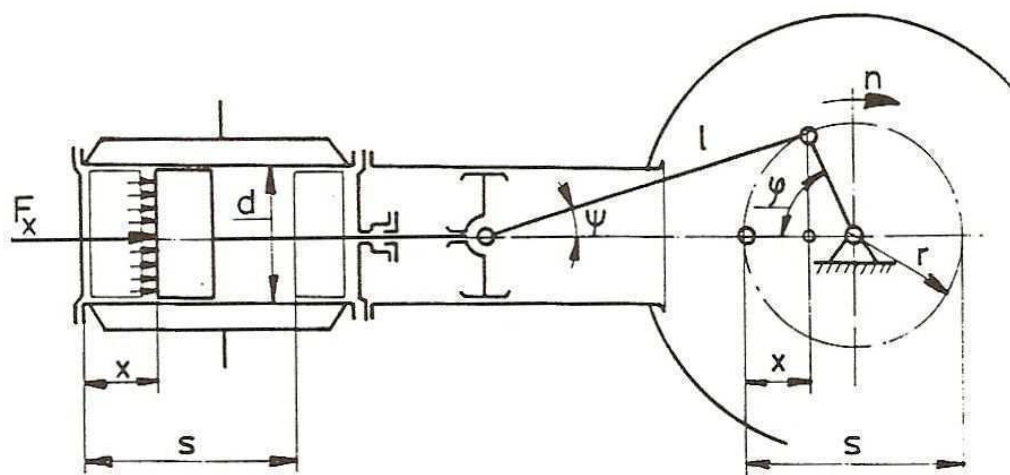
Egy forgattyús hajtómű fordulatszáma 118/min, a forgattyúsugár 31,5 mm, a hajtókar hossza 100 mm.

- Mekkora az egyenesbe vezetett részek maximális sebessége?
- Mekkora a forgattyúoldali és a forgattyútól távolabbi (fedőoldali) holtpontban a gyorsulás?
- A sebesség és gyorsulás maximumok ismeretében készítsen szabadkezi vázlatot a sebesség és gyorsulás változásáról a löket függvényében! Ugyanebben az ábrában rajzolja meg a sebesség és gyorsulás görbét végtelen hosszú hajtórúd feltételezésével!

125. példa

A 42. ábrán vázolt forgattyús hajtómű sugara 180 mm, a hajtórúd-viszony $\frac{1}{r}=5$, $\varphi = 60^\circ$. A forgattyús hajtóművet hajtómotor hajtja. A motor henger-átmérője 200 mm, a hengerben az indikált pillanatnyi túlnyomás 8 bar.

- Mekkora a dugattyúra ható erő?
- A vázolt helyzetben mekkora erő hat a keresztfejvezetékre és a hajtórúdra?
- A hajtórúd irányú erő továbbadódik a forgattyúcsapra. A forgattyúcsapon fellépő erő felbontható egy érintőirányú (tangenciális) erőre és egy forgattyúirányú (radiális) erőre. Határozza meg ezeknek az erőknek a nagyságát!



42. ábra

III. ENERGIAÁTVITEL FOLYADÉKOKBAN

126. példa

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

K i d o l g o z á s :

A v %-os vákuum értelmezését gondoljuk meg!

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

Jelölje a tartálybeli nyomást p , a légköri nyomást p_o !

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

Számítsuk ki a légköri nyomást!

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

A p_a abszolút nyomás a fenti értelmezés szerint:

$$p_a = (1 - v) p_o = (1 - 0,78) 102 \text{ kPa} = \mathbf{22,4 \text{ kPa}}$$

A p_t túlnyomás:

$$p_t = p_a - p_o = 22,4 \text{ kPa} - 102 \text{ kPa} = \mathbf{-79,6 \text{ kPa}}$$

127. példa

Mindkét végén nyitott, U alakú üvegcsőbe higanyt töltöttünk. Ezután az egyik szárba vizet öntünk a higany fölé.

- Milyen magas vízoszlop szükséges ahhoz, hogy a higanyszintek között 16 mm magasságkülönbség legyen?
- Mennyi a túlnyomás az alsó közegváltási szinten, azaz a víz és a higany érintkezési felületénél?

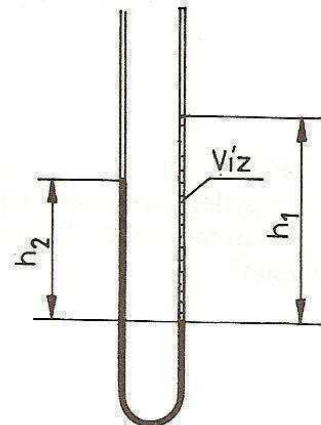
128. példa

U alakú, részben higannyal töltött üvegcső egyik vége nyitott, a másik zárt. A zárt ágban a higanyszint 153 mm-rel magasabban van, mint a nyitottban. Mennyi a nyomás a zárt térben, ha a légköri nyomás 99 kPa?

129. példa

U alakú, egyik végén nyitott, másik végén zárt üvegcsőben levegő, víz és higany helyezkedik el a 43. ábra szerint. $h_1 = 346 \text{ mm}$, $h_2 = 260 \text{ mm}$. A légköri nyomás $100,5 \text{ kPa}$.

- Mennyi a nyomás a zárt térben?
- Mennyi a nyomás a legalsó közegváltási szinten?



43. ábra

130. példa

Vízszintes csővezetékben víz áramlik. A csővezeték A pontjára a 44. ábra szerint skálával felszerelt U csöves higanyos manométert kötünk. A manométer terheletlen állapotában a közös higanyszint 450 mm -nél volt. Az A pontban várható nyomás 150 kPa . A légköri nyomás 98 kPa .

- Mekkora kitérésekre számíthatunk a manométer két szárában, ha $e = 510 \text{ mm}$?
- Mekkora kitérésekre számíthatunk, ha a manométer nulla szintjét a cső tengelyével egy magasságba helyezzük el?
- Milyen magasra kellene emelni a manométer nulla szintjét a cső tengelye fölé, hogy a kitérések különbsége nulla legyen?

K i d o l g o z á s :

A manométer terheletlen állapotán azt az állapotot értjük, amikor az U alakú üvegcsőbe töltött mérőfolyadékra mindkét ágba azonos nyomás nehezedik, és így a mérőfolyadék nem mutat kitérést. A 44. 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 írunk 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 ágba 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 szinttől **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 bekötővezeték a nyomásközvetítő közeg - jelen esetben a víz - teljesen kitöltse.

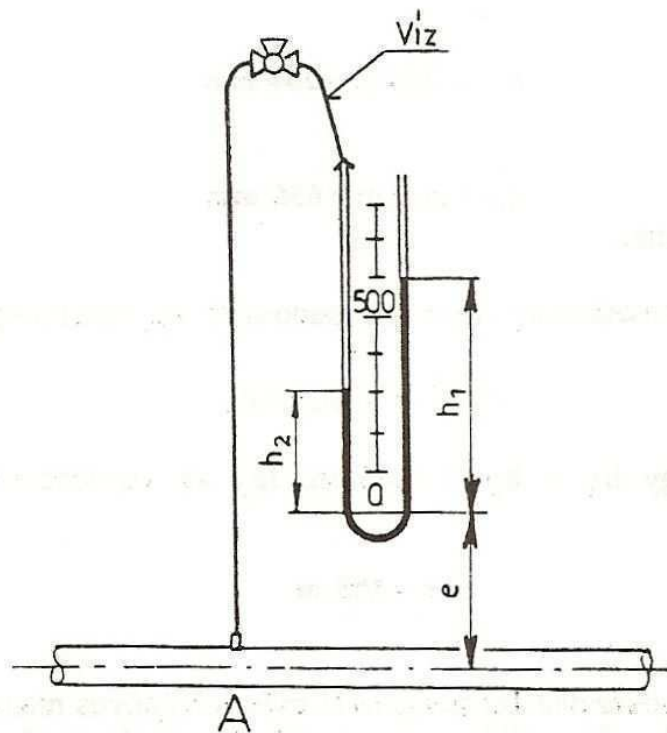
A légköri nyomásra a szokásos p_0 jelölést alkalmazva, az egyensúlyi egyenlet ezek után

$$p_A - (e + h_2) \rho_v g = p_0 + (h_1 - h_2) \rho_{Hg} g$$

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

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

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



44. ábra

Az első egyenletbe behelyettesítve

$$150\,000 \text{ kg / m} \cdot \text{s}^2 - (0,51 \text{ m} + h_2) 1000 \text{ kg / m}^3 \cdot 9,81 \text{ m / s}^2 =$$
$$= 98\,000 \text{ kg / m} \cdot \text{s}^2 + (h_1 - h_2) 13\,600 \text{ kg / m}^3 \cdot 9,81 \text{ m / s}^2.$$

Ebből a második egyenlet felhasználásával

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

és

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

végeredményt kapunk.

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

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

Újra felhasználva a mérőfolyadék szimmetrikus elmozdulására felírt összefüggést

$$h_2 = 0,264 \text{ m} = \mathbf{264 \text{ mm}}$$

és

$$h_1 = 0,636 \text{ m} = \mathbf{636 \text{ mm}}$$

végeredményt kapunk.

c.) Ebben az esetben $h_1 - h_2 = 0$, a manométer egyensúlyi egyenlete tehát:

$$p_A - (e + h_2) \rho_v g = p_o$$

Tudjuk, hogy $h_1 = h_2 = 0,45 \text{ m}$. Így az egyismeretlenes egyenlet megoldása

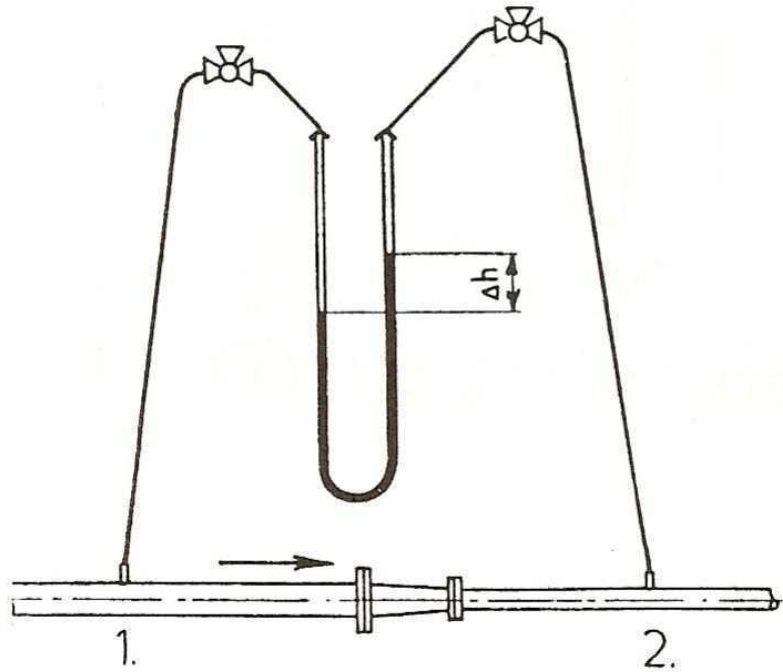
$$e = \mathbf{4,85 \text{ m}}$$

131. példa

Vízszintes csővezeték két pontjára U-csöves higanyos manométert kötünk a 45. ábra szerint. A csővezetékben víz áramlik. A nyomás mind az 1. mind a 2. jelű helyen a légköri nyomásnál kisebb.

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

- b.) Mennyi lenne a kitérés az előbbi nyomáskülönbség esetén, ha a nyomásközvetítő közeg levegő lenne?

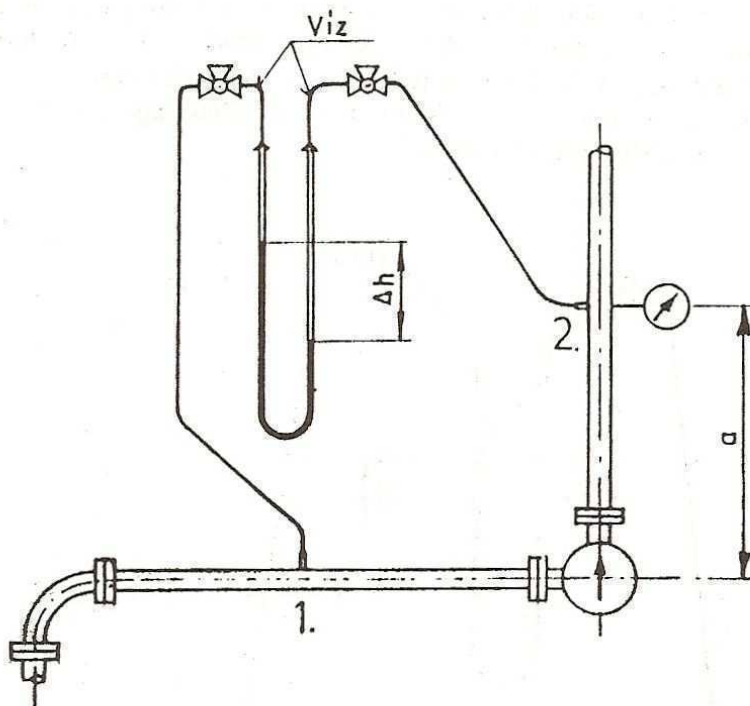


45. ábra

132. példa

Szivattyú szívócsövére és nyomócsövére a 46. ábra szerint U csöves higanyos manométert kötünk. A szállított közeg víz. A barométerállás 753 mm. A szivattyú szívócsövében, az 1. jelű helyen a pillanatnyi légköri nyomáshoz viszonyított 22,5 % vákuum uralkodik. A 2. jelű helyen lévő dobozos manométer 0,40 bar túlnyomást mutat. A manométer a = 1200 mm magasan van.

- Mennyi a nyomáskülönbség a 2. és 1. jelű hely között?
- Mekkora a manométer kitérése?



46. ábra

133. példa

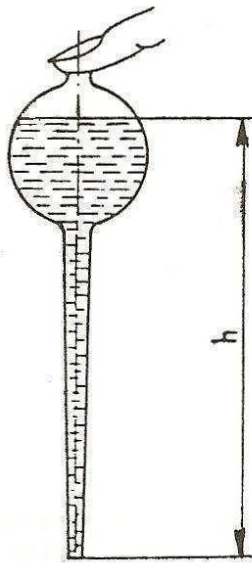
Mindkét végén nyitott U alakú üvegcsövet manométerként kívánunk használni. A mellette elhelyezkedő skála hossza 150 cm. A manométerrel légtartályban lévő vákuumot kell mérnünk. A légköri nyomást tekintsük 100 kPa-nak!

- Milyen magasan kell megtölteni az U-csövet mérőfolyadékkal, hogy a skálát teljes egészében kihasználhassuk?
- Hány százalék, a pillanatnyi légköri nyomáshoz viszonyított, vákuumot tudunk mérni, ha a mérőfolyadék víz?
- Hány százalék vákuumot tudunk mérni, ha a mérőfolyadék higany?

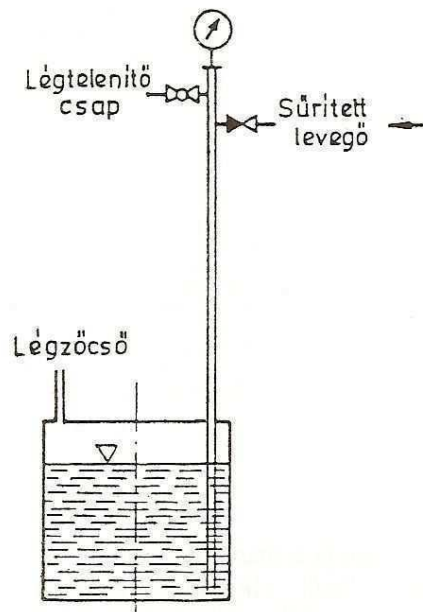
134. példa

A 47. ábrán látható lopóban $0,9 \text{ kg/dm}^3$ sűrűségű bor van. A légköri nyomást tekintsük 100 kPa-nak!

- Mekkora a nyomás a lopó légterében, ha $h = 60 \text{ cm}$?
- Mekkora erő hat a 15 mm átmérőjű nyílást lezáró ujra?



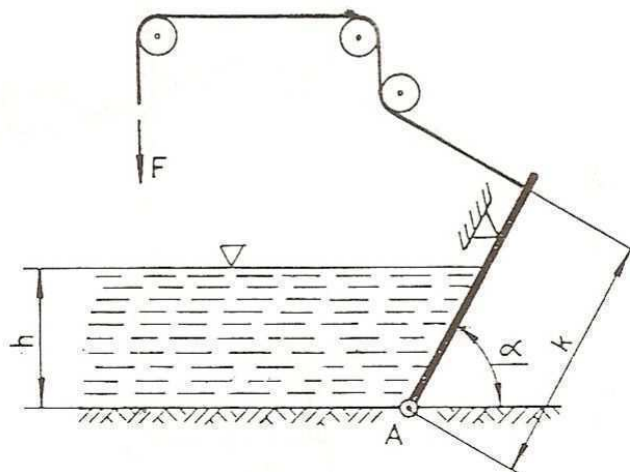
47. ábra



48. ábra

135. példa

Egy hajóban lévő édesvíztankban a víz mennyiségét a 48. ábrán látható módon mérjük. A tankba függőleges cső nyúlik, amelynek felső végére dobozos manométert kötünk. A csőre visszacsapó szelepen keresztül (az áramlás csak a nyíl irányában lehetséges) sűrített levegő vezetéket csatlakoztatunk. A függőleges csőbe mindig addig engedünk levegőt, amíg a dobozos manométer mutatójának kitérése növekszik, azaz míg a víz a csőből teljesen ki nem szorul, és a felesleges levegő alul távozni nem kezd.



49. ábra

Ábrázolja a manométeren barban leolvasható túlnyomás függvényében a tartályban lévő víz mennyiségének változását! A tartály vízszintes keresztmetszete $3,2 \text{ m}^2$, magassága $2,5 \text{ m}$.

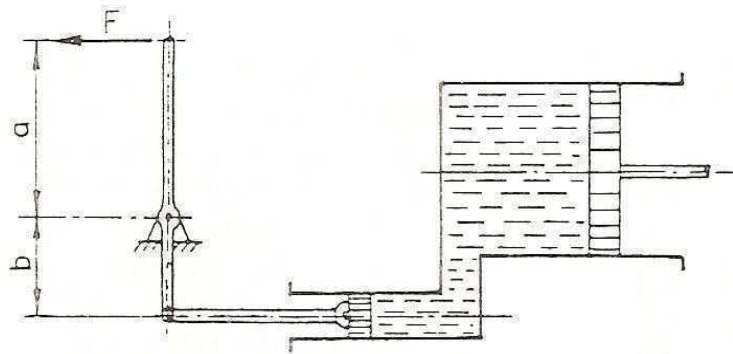
136. példa

A 49. ábrán látható kaput $F = 36 \text{ kN}$ erővel tartjuk rajzolt helyzetében; $k = 4,5 \text{ m}$. A kapu szélessége 3 m ; $\alpha = 60^\circ$. Milyen vízállásnál kezd a kapu az A csuklós él körül elfordulva nyitni? A kapu önsúlyát hagyja figyelmen kívül!

137. példa

Az 50. ábrán látható csuklós rudazat végén $F = 450 \text{ N}$ erő hat; $a = 200 \text{ mm}$, $b = 50 \text{ mm}$. A rudazat 40 mm átmérőjű dugattyúhoz csatlakozik. A nyomott folyadékot határoló nagyobb dugattyú átmérője 200 mm .

- Mekkora erőt kell a nagyobb dugattyúra kívülről kifejteni, hogy a rendszer mozdulatlan maradjon?
- Ha a függőleges rúd felső végét 10 milliméterrel balra mozgatjuk, mennyit fog elmozdulni a nagyobb átmérőjű dugattyú?



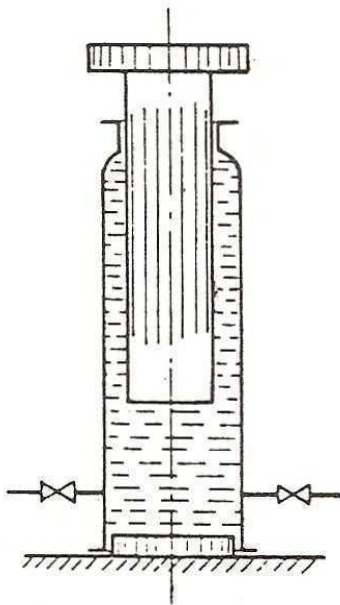
138.példa

Az 51. ábrán látható víznyomásos emelő dugattyújának átmérője 20 cm. A dugattyú tömege az emelőpaddal együtt 1300 kg. A dugattyú mozgásakor 5000 N súrlódási ellenállás ébred.

Mekkora terhet tud ez a berendezés emelni, ha a víz nyomása 24,5 bar túlnyomás?

139. példa

Mennyi a túlnyomás az 52. ábrán látható légtartályban? A mérőfolyadék higany, illetve víz ; a = 454 mm, b= 206 mm, c = 294 mm, d = 98 mm.



51. ábra

140. példa

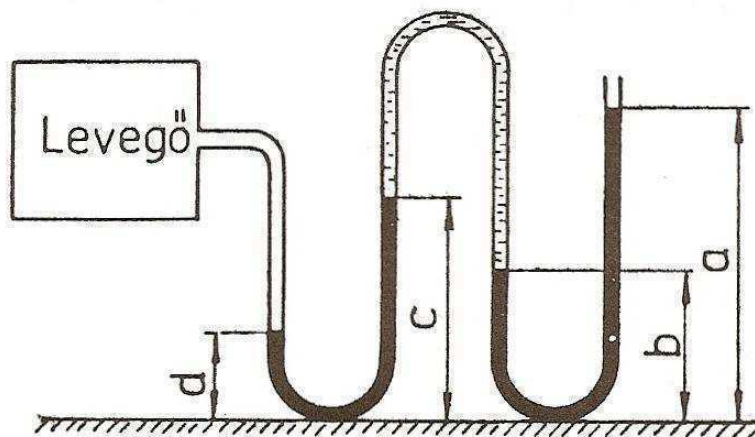
Elhanyagolható tömegű és falvastagságú poharat szájával lefelé víz alá nyomunk. A pohár átmérője 60 mm, magassága 90 mm. A légköri nyomás 100 kPa.

- Milyen magas lesz a bennmaradt levegőoszlop, ha fenn a pohár fenéke éppen a víz szintjében van?
- Mekkora erő kell a pohár e helyzetben való megtartásához?

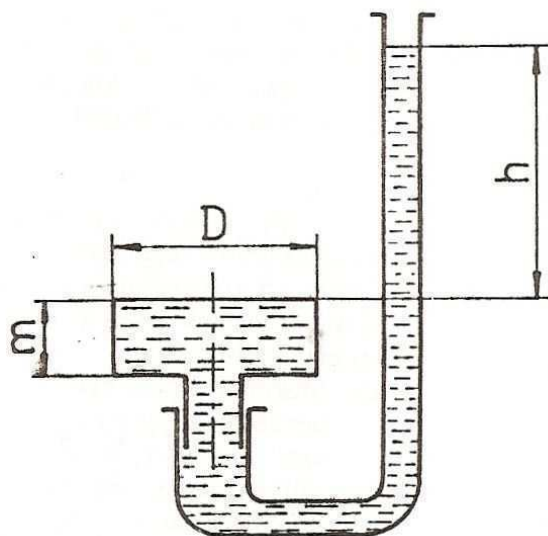
141. példa

Az 53. 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.

- A $h = 2,5$ m magas vízoszlop hatására mekkora erő fogja a dugattyút elmozdítani, és milyen irányban?
- Milyen összefüggésnek kell fennállnia a főmérték és a h vízoszlop magasság között ahhoz, hogy a dugattyú egyensúlyban legyen?



52. ábra



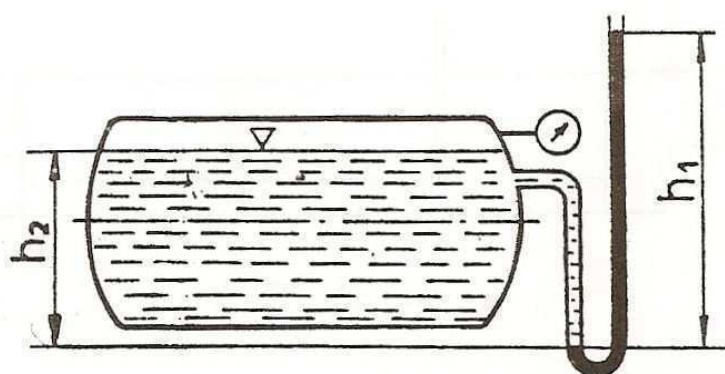
53. ábra

142. példa

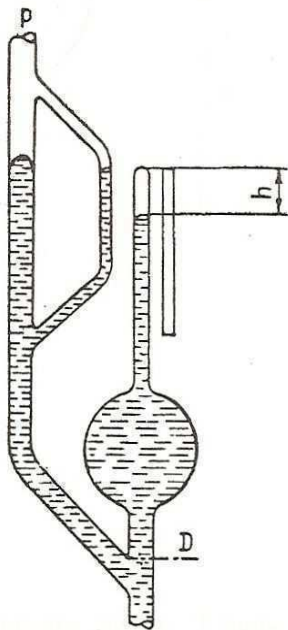
Az 54. ábrán látható kazánhoz kapcsolt nyitott U- csöves manométer egyik szárában a higanyoszlop magassága $h_1 = 1650$ mm. A víz magassága $h_2 = 850$ mm. Mekkora a kazán gőzterében uralkodó túlnyomás?

143. példa

Az 55. ábrán McLeod manométer mérőrésszen látható a p nyomás. A mérőcső belső átmérője 0,95 mm, a D keresztmetszet fölé eső térfogat $14,2 \text{ cm}^3$.



54. ábra



55. ábra

A mérőfolyadék higany. A mérőcső mellé 100 milliméter hosszú skálát helyezünk, amelyen a p nyomás értéke közvetlenül leolvasható. Tervezze meg a skála osztását pascalban!

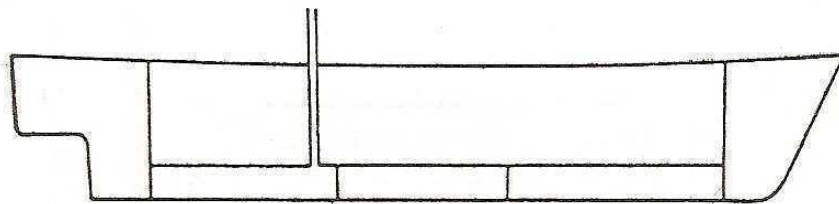
144. példa

Egy hajó kettősfenék tankjának szellőzőcsöve függőleges, a tank tetejétől számítva 5 m magasan végződik, belső átmérője 92,8 mm. A tank 6,5 m hosszú, 3 m széles és 60 cm magas (56. ábra).

- Mekkora erővel terheli a tank fenekét a benne lévő édesvíz, ha a tank éppen tele van?
- Milyen súlyú édesvízzel tudunk többet szállítani, ha a szellőzőcsövet is teljesen feltöltjük? .
- Mekkora erővel terheli az édesvíz a tank fenekét?
- Mekkora erő hat ekkor a tank tetejére?

145. példa

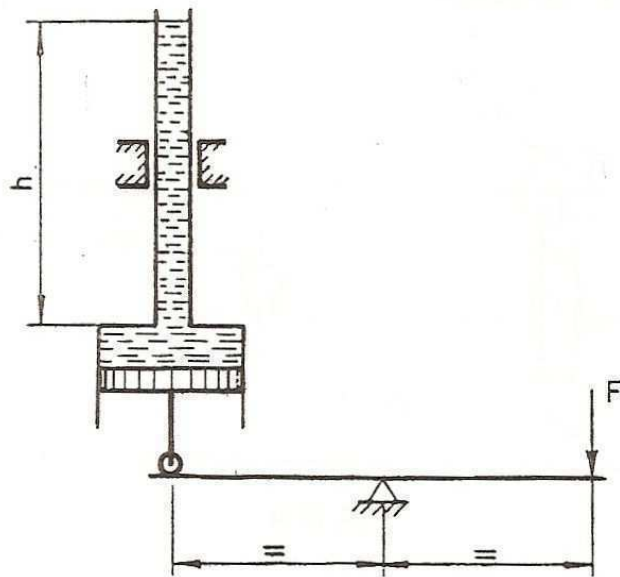
Az 57. ábrán látható hengeres, nyitott edénybe vízmentesen záró és feltételezésünk szerint súrlódásmentesen elmozdítható dugattyút helyezünk. A dugattyú átmérője 25 cm, az edény vékonyabb részének átmérője 7,3 cm. Az edény és a dugattyú tömege elhanyagolhatóan kicsi.



56. ábra

- Mekkora az egyensúlyozó F erő, ha a dugattyú fölött 12 cm magas vízréteg az edény nagyobb átmérőjű részét az 57. ábra szerint éppen kitölti?
- Mennyi lesz az edényben lévő víz súlya, ha $h = 70$ cm magasan az edény vékonyabb részét is megtöltjük?
- Mekkora lesz ebben az esetben az F erő?

d.) Milyen erő fog ebben az esetben az edényre hatni?

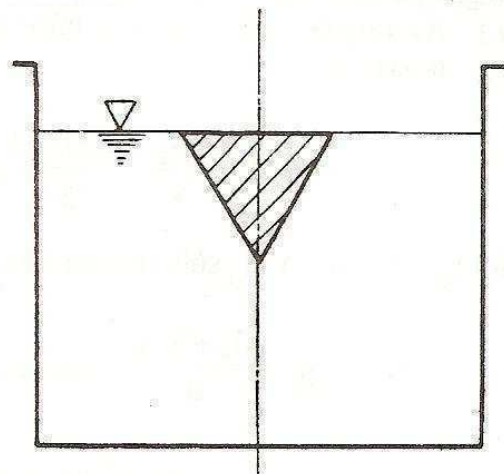


57. ábra

146. példa

Egyenlő oldalú háromszög alapú hasáb az 58. ábrán látható módon helyezkedik el a vízben. A háromszög egy oldalának hossza 20 cm, a hasábnak a rajz síkjára merőleges hosszúsága 50 cm.

- Mekkora a hidrosztatikai nyomásból származó, egy ferde falra merőleges erő?
- Mekkora a két ferde falat terhelő erők vízszintes, illetve függőleges összetevőinek összege?
- Mekkora a hasáb anyagának sűrűsége?

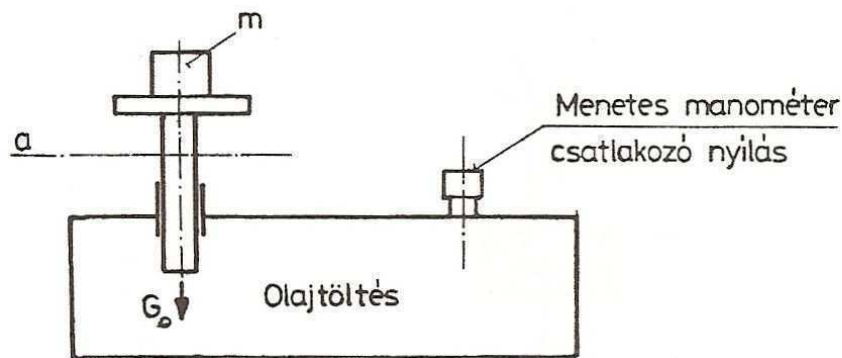


58. ábra

147. példa

Az 59. ábrán nyomás mérésére szolgáló alaplómérőeszköz, egy olajjal telt - méréskor zárt - tartály látható. A baloldali tálcát mérő súlyokkal terheljük. A zárt folyadék nyomása számítható. A különféle nyomásokkal összevethetők a jobb oldalon csatlakoztatott manométerről leolvasott értékek. A tálca és a hozzá csatlakozó dugattyú tömege,

$m_0 = 1 \text{ kg}$, a dugattyú keresztmetszete,
 $a = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$.



59. ábra

- Mekkora a túlnyomás a zárt térben, ha a tálcán nincs teher?
- Mekkora m tömegű mérő súlyra van szükségünk, ha maximum 10 bar túlnyomást akarunk előállítani?

K i d o l g o z á s :

$m_0 = 1 \text{ kg}$
 $a = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

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

- Az olajtér túlnyomását a tálcá és dugattyú együttes m_0 tömegének súlya hozza létre.

$$p_t = \frac{G_0}{a} = \frac{m_0 g}{a} = \frac{1 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 49\,050 \text{ Pa} = \mathbf{0,49 \text{ bar}}$$

- $p_t = 10 \text{ bar}$. A G_0 súly most is hat, de hat a $G = m g$ súly is.

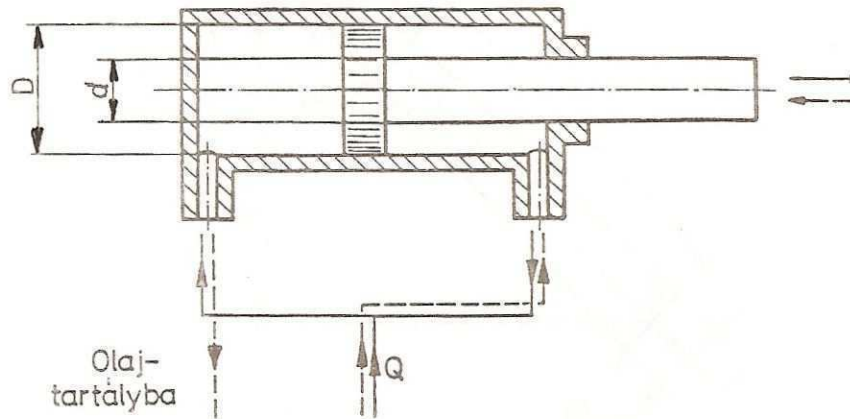
$$p_t = \frac{G_0 + m g}{a}, \text{ azaz } m = \frac{p_t \cdot a - G_0}{g}. \text{ Behelyettesítve:}$$

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

148. példa

A 60. ábrán ún. kettősműködésű munkahengert ábrázoltunk. A munkahenger egy hidraulikus erőátviteli rendszer része. A rendszer szivattyújának olajszállítása, Q állandó. A szállítás megfelelő váltakozó irányát, (folytonos és szaggatott vonal) ún. vezérlőtollatyy biztosítja.

Mekkora legyen a D/d viszony, ha azt akarjuk, hogy a v sebesség nagysága mindkét irányú mozgásnál azonos legyen?



60. ábra

149. példa

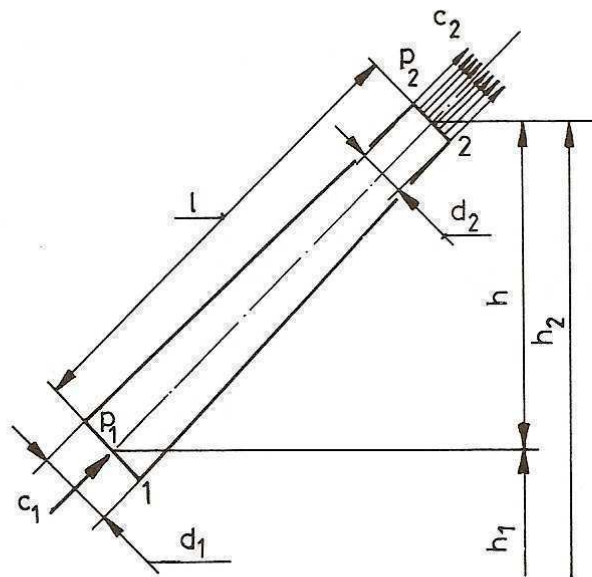
Egy nagy, 3 m magasan folyadékkal telt tartály oldalán különböző mélységben két kis kilépő nyílást kívánunk fúratni. A felszín alatt 2 m mélyen lévő nyílás fölött milyen magasan legyen a másfélszer akkora átmérőjű furat, ha azt akarjuk, hogy a kilépő térfogatáram azonos legyen?

150. példa

45° emelkedésű egyenes csőszakasz hossza 3,5 m, átmérője az alsó végénél 120 mm, a felső végénél 80 mm. A csőszakasz veszteségei elhanyagolhatók. Mekkora nyomáskülönbség szükséges a csőszakaszban, hogy a nyitott végénél 1 m/s sebességgel lépjen ki a víz?

K i d o l g o z á s :

Készítsünk vázlatot a csőszakaszcól (61. ábra)!



61.ábra

Adott a csőszakasz hossza: $l = 3,5 \text{ mm}$
 a cső átmérője: $d_1 = 120 \text{ mm}$
 $d_2 = 80 \text{ mm}$
 a cső emelkedési szöge: $\alpha = 45^\circ$
 az ellenállástényező: $\zeta = 0$
 a kiömlő víz sebessége: $c_2 = 1 \text{ m/s}$.

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

A feladat a Bernoulli-egyenlet alkalmazásával oldható meg. Alkalmazni kell a kontinuitást is.

$$\frac{p_1}{\rho g} + h_1 + \frac{c_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + h_2 + \frac{c_2^2}{2g}$$

$$c_1 \cdot \frac{d_1^2 \pi}{4} = c_2 \cdot \frac{d_2^2 \pi}{4}$$

Felhasználjuk továbbá, hogy az 1 és 2 pont közötti

$$h = h_2 - h_1 \text{ szintkülönbség}$$

$$h = 1 \sin \alpha = 3,5 \text{ m} \cdot \sin 45^\circ = 2,47 \text{ m}.$$

Az első egyenletet ρg -vel szorozva és a kontinuitást, valamint h -t behelyettesítve:

$$p_1 + \frac{\rho}{2} c_2^2 \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4 = p_2 + \rho g h + \frac{\rho}{2} c_2^2, \text{ azaz}$$

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \rho g h + \frac{\rho}{2} c_2^2 \left[1 - \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4 \right] = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 2,47 \text{ m} +$$

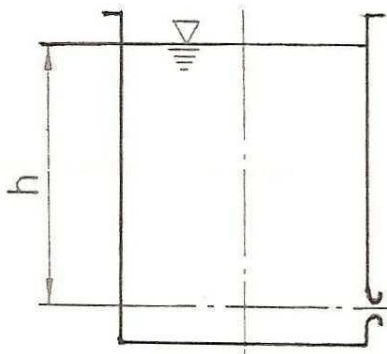
$$+ \frac{1000 \text{ kg/m}^3}{2} 1 \text{ m}^2/\text{s}^2 \left[1 - \left(\frac{0,08 \text{ m}}{0,12 \text{ m}} \right)^4 \right] = 24\,231 \text{ Pa} + 404 \text{ Pa} = 24\,635 \text{ Pa} =$$

$$= 24,6 \text{ kPa.}$$

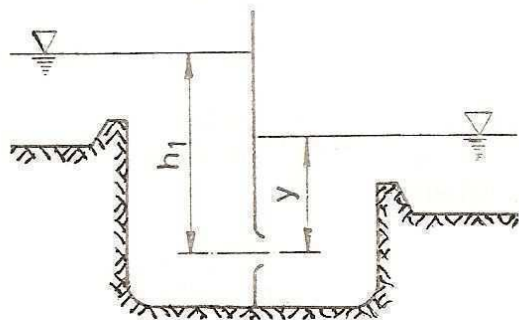
151. példa

A 62. ábrán látható tartályból a víz az alsó nyíláson a szabadba ömlik. A tartály felszíne a kiömlőnyílás keresztmetszetéhez képest végtelen nagy.

- Határozza meg a kiömlési sebességet $h = 2 \text{ m}$; $0,4 \text{ m}$; $0,6 \text{ m}$; $0,8 \text{ m}$; és 1 m értéknél!
- Ábrázolja a kiömlési sebességet a h magasság függvényében!



62. ábra



63. ábra

152. példa

Két vízkamra a választófalba szerelt 15 cm átmérőjű átfolyónyíláson közlekedik (63. ábra). A baloldali kamrában a nyílás felett a vízszint magassága $h_1 = 4050$ mm, állandó.

- a.) Mennyi víz ömlik át időegységenként a nyíláson, míg a vízszint a jobb oldali kamrában a nyílás alatt van?
- b.) Mennyi lesz a túlnyomás a jobboldali kamrában, az átfolyónyílás szintjében, ha $y = 3600$ mm?
- c.) Mekkora ekkor az átömlési sebesség a nyílásban?

153. példa

Egy $v = 5$ m/s sebességű vízáramlásba a 64. ábra szerint előregörbített torlócsövet helyezünk

- a.) Milyen h magasságra fog a víz felemelkedni a cső függőleges szárában?
- b.) Mennyi a túlnyomás a torlócső szájának szintjében és a torlópontban, ha $z = 0,5$ m?
- c.) Mennyi a túlnyomás a torlócső szájának szintjében és a torlópontban, ha $z = 0,75$ m?

154. példa

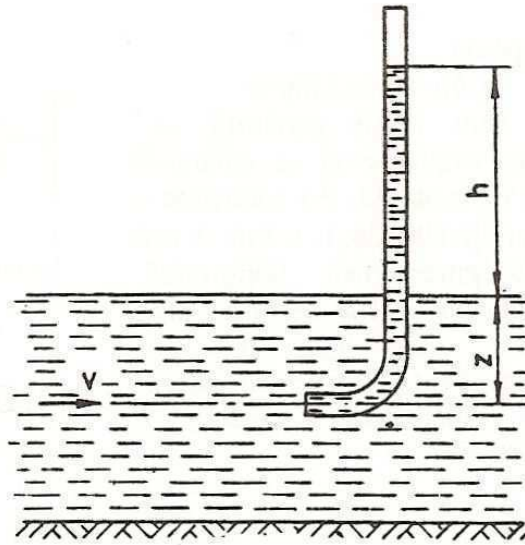
A 65. ábrán vízszivattyúhoz kapcsolt csővezetékét vázoltunk. A cső belső átmérője 283 mm, a csősúrlódási tényező 0,03. A beépített 90°-os ívek veszteségtényezője egyenként 0,4.

Rajzoljuk fel a csővezeték jelleggörbáját (0-3) m/s sebességtartomány figyelembevételével!

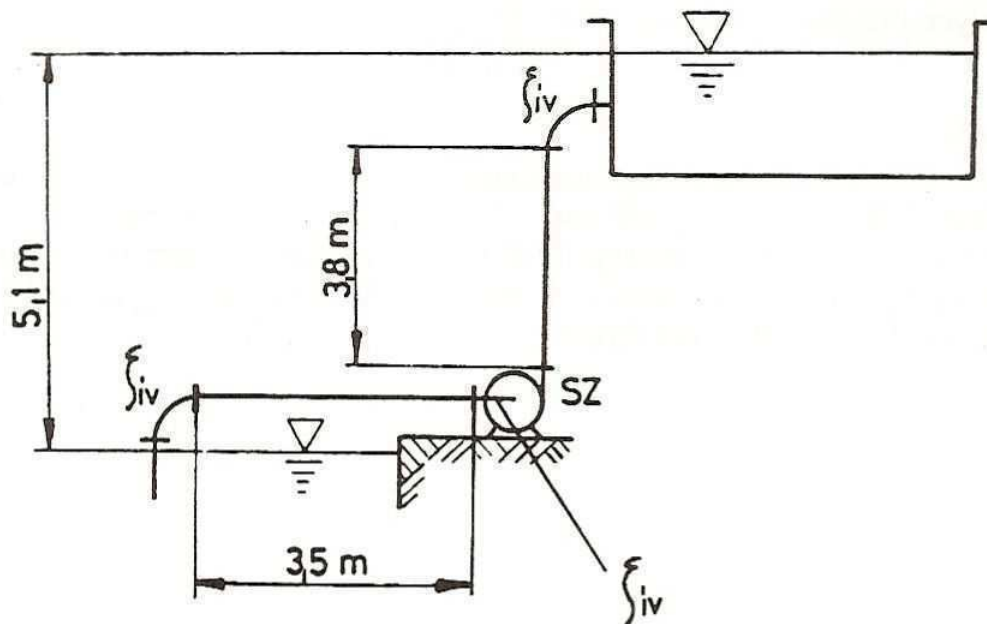
155. példa

Egy nagy átmérőjű, vízzel töltött edény oldalához a víz felszíne alatt 6 m- re 15 m hosszú és 20 cm átmérőjű vízszintes kifolyócső csatlakozik. A csőből a víz a szabadba ömlik.

- Mekkora a kiömlő folyadéksugár sebessége, ha az áramlás veszteségeitől eltekintünk?
- Mennyi a kiömlési sebesség, ha a csősúrlódási tényező 0,03?
- Mekkora a kiömlési sebesség, ha a cső végén a kilépési keresztmetszetet egy konfúzzorral felére csökkentjük?
- Milyen sebességgel áramlik a víz ekkor a csőben?



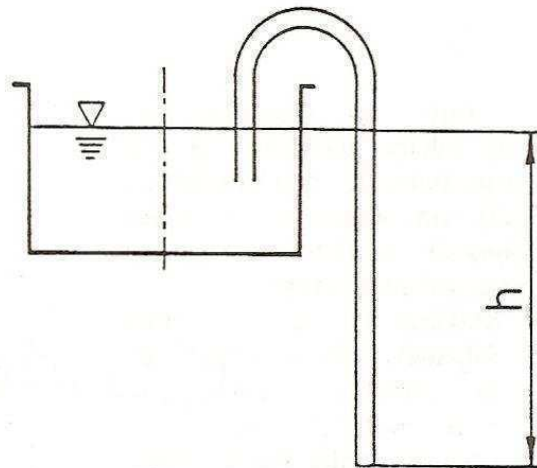
64. ábra



65. ábra

156. példa

A 66. ábrán látható 54,5 mm belső átmérőjű szivornya segítségével az edényből vizet veszünk ki. Az edényben a víz szintje állandó; $h = 3$ m. A cső veszteségmentesnek tekinthető. A szivornya megszívása után mennyi víz lép ki idő-egységenként a cső alsó végén, ha a csősúrlódási veszteségtől eltekintünk?



66. ábra

157. példa

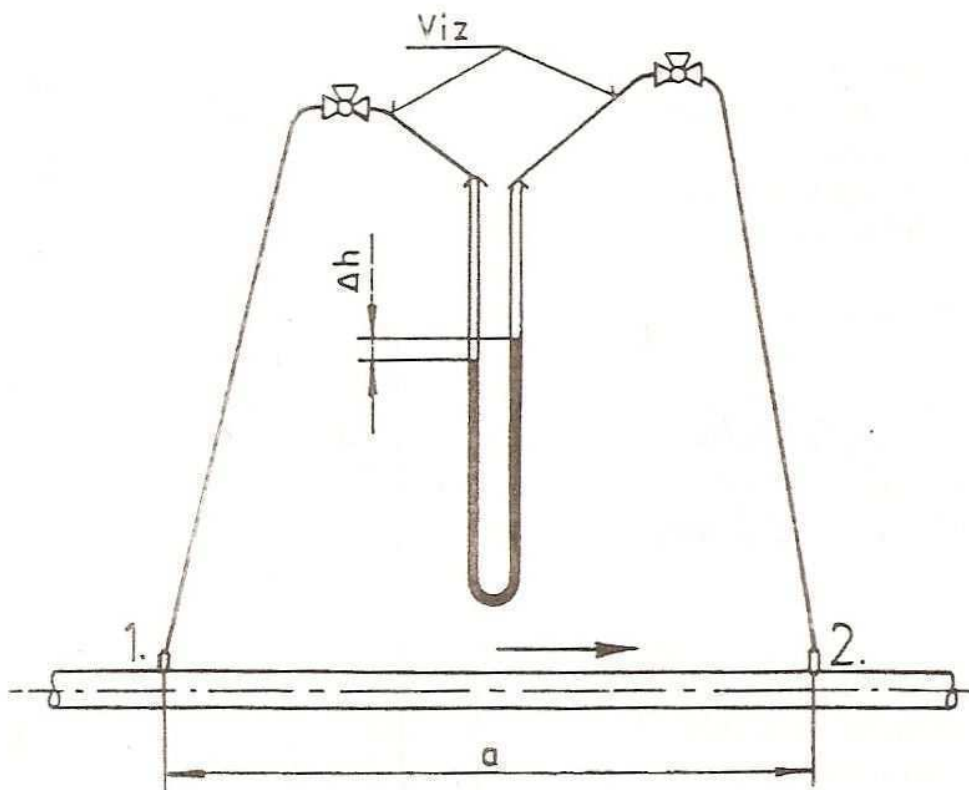
Városi vízvezeték nagy átmérőjű utcai nyomócsövében 2 bar túlnyomás uralkodik. A víz áramlási sebessége a csőben nullának tekinthető. Csőtörés történik, és a cső felső részén nyílás keletkezik.

- Milyen sebességgel lép ki a vízszugár a nyíláson, miután a fedő földréteget már megbontotta?
- Milyen magasra szökik fel a zavartalanul kiömlő víz?

158. példa

A 67. ábrán látható, vízszintes csővezetékbe U-csöves higanyos manométert kötöttünk, $a = 1800$ mm. A csővezetékben $1,35 \text{ dm}^3/\text{s}$ víz áramlik balról jobbra. A cső belső átmérője 32,8 mm. A manométer kitérése 13 mm.

- Mennyi a nyomáskülönbség az 1. és 2. jelű hely között?
- Mekkora a csősúrlódási tényező?



67. ábra

159. példa

A 68. ábrán látható függőleges csővezetékbe U-csöves higanyos manométert kötöttünk. $l = 1,5$ m. A csővezetékben $4,0 \text{ dm}^3/\text{s}$ víz áramlik alulról fölfelé. A cső belső átmérője $54,2$ mm. A csősúrlódási tényező $0,019$.

- Mennyi a nyomáskülönbség az 1. és 2. jelű hely között?
- Mekkora az U-csöves higanyos manométer kitérése?

160. példa

Függőleges csővezetékben víz áramlik fölülről lefelé. A cső belső átmérője $16,55$ mm.

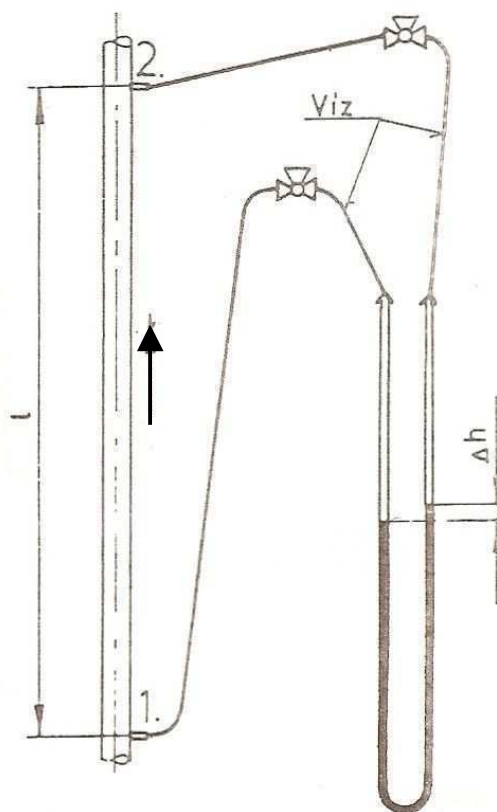
A csősúrlódási tényező 0,022. Egymástól 1 m távolságra lévő két pont közé U-csöves higanyos manométert csatlakoztatunk. A nyomásközvetítő közeg víz.

- Milyen áramlási sebesség mellett lesz az alsó és felső pont közötti nyomás-különbség nulla?
- Mekkora ekkor a manométer kitérése?

161. példa

A 69. ábrán látható függőleges csővezetékbe U-csöves higanyos manométert kötöttünk.

$a = 2$ m. A cső belső átmérője 19,8 mm. Időközönként változó mennyiségű víz áramlik benne felülről lefelé. A különböző áramlási sebességek és a hozzájuk tartozó csősúrlódási tényezők táblázatosan adottak.



68. ábra

XII.TÁBLÁZAT

v	λ	v^2	$\frac{\rho}{2} v^2$	$\frac{1}{d} \frac{\rho}{2} v^2$	$\lambda \frac{1}{d} \frac{\rho}{2} v^2$	$p_2 - p_1$	Δh
m/s		m ² /s ²	kg/ms ²	kg/m·s ²	Pa	kPa	mm
1. 0,5	0,035						
2. 1	0,032						
3. 1,5	0,029						
4. 2	0,026						
5. 2,5	0,023						

- Számítsa ki táblázatosan (XII. táblázat) a cső ellenállásából származó nyomásest, a 2. és 1. jelű hely közötti nyomáskülönbséget és az U-csöves higanyos manométer kitérését!
- Ábrázolja a sebesség függvényében $p_2 - p_1$ és Δh értékeit! Célszerű lépték az abszcisszán 0,25m/s/cm, az ordinátán 2 kPa/cm, valamint 20 mm/cm.

162. példa

Szivattyú szívócsövére U-csöves higanyos manométert kötöttünk a 70. ábra szerint. $x = 1$ m. A szállított közeg $17,25 \text{ dm}^3/\text{s}$ víz. A cső belső átmérője $92,8 \text{ mm}$. A csősúrlódási tényező $0,018$. A légköri nyomás $100,5 \text{ kPa}$. A manométer kitérése 90 mm .

- a.) Mennyi a nyomás a csővezeték A jelű helyén?
- b.) Mennyi a nyomás az Sz jelű szívócsonkban?

163. példa

Szivattyú nyomócsövére egycsöves higanyos manométert kötöttünk a 71. ábra szerint. $a = 150 \text{ mm}$, $l = 1 \text{ m}$. A szállított közeg víz. A légköri nyomás 101 kPa . A manométer kitérése 137 mm .

- a.) Mennyi a nyomás a csővezeték B jelű helyén?
- b.) Mennyi a nyomás az N jelű nyomócsonkban, ha a cső ellenállása okozta nyomásesés a B - N szakaszon 810 Pa ?

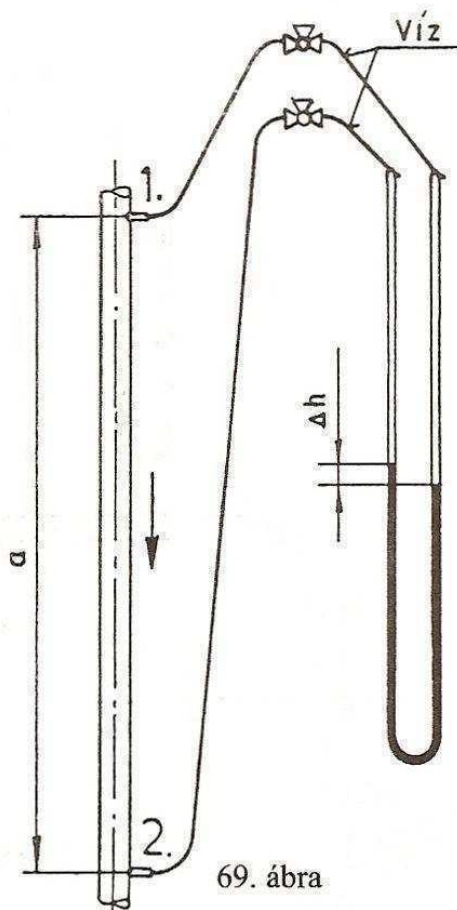
164. példa

A 72. ábrán vízszivattyúhoz kapcsolt csővezeték rajzoltunk. A cső belső átmérője 125 mm , a csősúrlódási tényező $0,03$. A beépített 90° -os ívek veszteségtényezője egyenként $0,4$. Rajzoljuk fel a csővezeték jelleggörbáját $(0-3) \text{ m/s}$ sebességtartomány figyelembevételével!

165.példa

Két azonos hosszúságú, azonos felületminőségű egyenes csővezetékben azonos sebességű folyadékáram halad. Az egyik csővezeték átmérője kétszerese a másikénak.

- a.) Hogyan aránylanak egymáshoz a veszteségmagasságok?
- b.) Mennyi a folyadékáramok viszonya?
- c.) Mennyi az azonos idő alatt keletkező csősúrlódási munkák aránya? (A két folyadék azonos).



166. példa

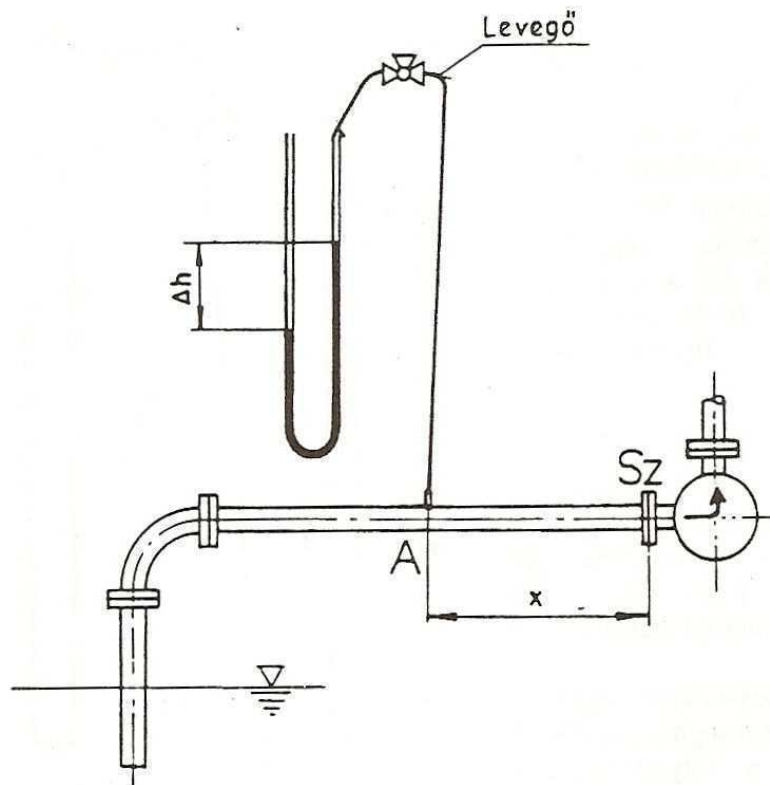
Határozza meg a gazdaságos csőátmérőt abban az esetben, amikor a beruházás költségeire jellemző állandó $c_0 = 750 \text{ Ft/m.év}$, a változó költségekre jellemző állandó pedig $c = 3,5 \text{ m}^5 \text{ Ft/év}$!

Rajzolja fel az évi összes költség görbét - a kritikus részen a pontokat sűrítve!

A görbepontok kiszámításához készítsen táblázatot!

167. példa

A 73. ábrán látható Venturi-mérővel változó irányú vízáramot mérhetünk. Az 1 jelű keresztmetszetben a cső belső átmérője 22 cm, a 2 jelű torokkeresztmetszetben 17 cm. Mekkora nyomáskülönbség mérésére alkalmas manométert kell az 1 jelű keresztmetszetek és a 2 jelű keresztmetszet közé bekötnünk, ha a legnagyobb vízsebesség a torokban mindkét irányban 2 m/s ?



70. ábra

K i d o l g o z á s :

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

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

A kérdés ez a $p_1 - p_2$ nyomáskülönbség.

Adott a csőátmérő : $d_1 = 22 \text{ cm} = 0,22 \text{ m}$,

a torokátmérő: $d_2 = 17 \text{ cm} = 0,17 \text{ m}$,

a toroksebesség: $v_2 = 2 \text{ m/s}$,

a víz sűrűsége: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

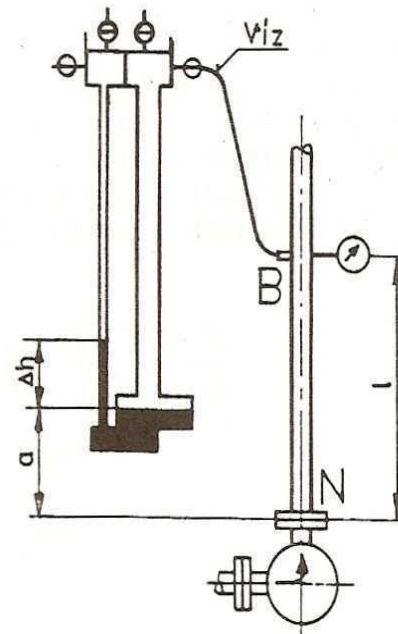
Számítsuk ki az A_2/A_1 keresztmetszetviszonyt!

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

$$A_2/A_1 = \left(d_2/d_1 \right)^2 = \mathbf{0,598}$$

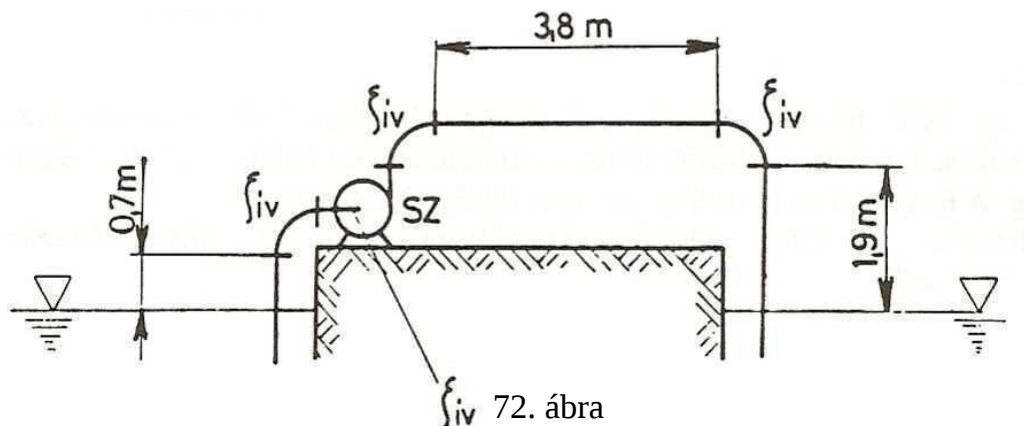
Mindezeket behelyettesítve:

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

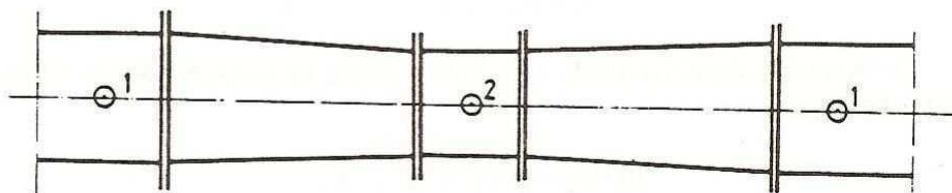


71. ábra

Az alkalmazott manométernek legalább ekkora nyomás mérésére kell alkalmasnak lennie.



72. ábra

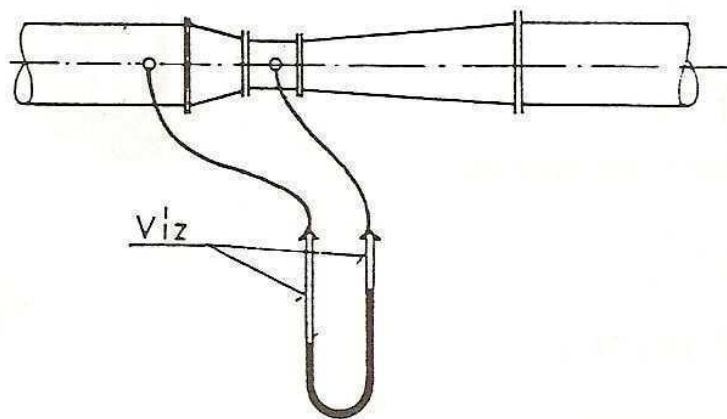


73. ábra

168. példa

Egy 20 cm átmérőjű vízszintes csőbe épített Venturi-mérőn a torok átmérője 15 cm. (74. ábra) A konfúzor végeire kapcsolt U-csöves higanyos manométer kitérése 240 mm.

- Milyen sebességgel áramlik a víz a torokban?
- Mekkora a Venturi- mérőn átáramló vízmennyiség?



74. ábra

169. példa

2 kg 18°C hőmérsékletű levegő állapotváltozását 200 kJ mechanikai munka okozza. Az állapotváltozás során a termodinamikai entalpia megváltozása 150 kJ/kg. A levegő állandó térfogaton mért fajhője $0,716 \text{ kJ/kg } ^{\circ}\text{C}$.

Mekkora a belső energia megváltozása és az állapotváltozás véghőmérséklete?

K i d o l g o z á s :

$$m = 2 \text{ kg}$$

$$t_1 = 18 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$W = 200 \text{ kJ}$$

$$i_2 - i_1 = \Delta i = 150 \text{ kJ/kg}$$

$$c_v = 0,716 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}, \text{ az állandó térfogaton mért fajhő.}$$

A termodinamikai entalpia a belső energia és a közeg nyomás - fajtérfogat érték szorzatának összegeként állítható elő

$$i = u + p \cdot v$$

A termodinamikai entalpia megváltozása a sűrítéskor $\Delta i = 150 \text{ kJ/kg}$. A 2 kg tömegű levegő összesűrítésekor a $p \cdot v$ szorzat megváltozása

$$p_2 \cdot v_2 - p_1 \cdot v_1 = \frac{W}{m} = \frac{200 \text{ kJ}}{2 \text{ kg}} = \mathbf{100 \text{ kJ/kg}}$$

A belső energia megváltozása

$$\Delta u = u_2 - u_1 = (i_2 - i_1) - (p_2 \cdot v_2 - p_1 \cdot v_1) = 150 \text{ kJ/kg} - 100 \text{ kJ/kg} = \mathbf{50 \text{ kJ/kg}}$$

Az állapotváltozás T_2 [K] véghőmérsékletét

$$\Delta u = c_v \cdot (T_2 - T_1) = c_v \Delta t$$

összefüggésből határozhatjuk meg. (Az állandó térfogaton mért fajhő megmutatja, hogy hány kJ hőmennyiség szükséges a gáz 1 kg-nyi mennyiségének állandó térfogaton 1 °C-kal való felmelegítéséhez.)

Ebből

$$\Delta t = \frac{u_2 - u_1}{c_v} = \frac{50 \text{ kJ/kg}}{0,716 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}} = 69,8 \text{ }^\circ\text{C} \approx 70^\circ \text{ C}$$

Az állapotváltozás véghőmérséklete

$$t_2 = t_1 + \Delta t = 18 \text{ }^\circ\text{C} + 70 \text{ }^\circ\text{C} = \mathbf{88 \text{ }^\circ\text{C}}$$

170. példa

Egy hűtés nélküli turbókompresszor által szállított gáz tömegárama 0,15 kg/s. A gáz összenyomásához 12 kW teljesítmény szükséges. A beszívott gáz összentalpiája 314 kJ/kg. A kompresszor nyomócsonkján kiáramló gáz sebessége 30 m/s, sűrűsége 4,7 kg/m³, abszolút nyomása 5 bar. Mekkora a nyomócsonkot elhagyó gáz fajlagos összentalpiája, termodinamikai entalpiája és belső energiája?

171. példa

1 kg 20 bar nyomású 300 °C-ra túlhevített gőz hőmérsékletét változatlan nyomáson 400 °C-ra növeljük meg. Mennyi hő szükséges ehhez? Mennyi hő esik ebből a térfogatmunkára és mennyi a belső energia növelésére? A 20 bar nyomású 300 °C-os gőz entalpiája 3025 kJ/kg, fajtérfogata 0,128 m³/kg, a 400 °C-os gőz entalpiája 3250 kJ/kg, fajtérfogata 0,154 m³/kg.

172. példa

Egy edényben 3 kg 1 bar nyomású, 30 °C hőmérsékletű víz van. Mennyi idő alatt alakul át ez a folyadékmennyiség telített gőzzé, ha közben a nyomása nem változik? A vízzel közölt hőteljesítmény 1000 W, párolgási hője 2260 kJ/kg, fajhője 4,187 kJ/kg · °C.

K i d o l g o z á s :

$$m = 3 \text{ kg}$$

$$p_0 = 1 \text{ bar (állandó nyomás)}$$

$$c = 4187 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$r = 2\,260\,000 \text{ J/kg}$$

$$P = 1000 \text{ W}$$

Az 1 bar nyomású víz 100 °C-on párolog el. A vizet 30 °C-ról először 100 °C-ra kell felmelegíteni, majd ezen a hőfokon állandó nyomáson elpárologtatni. Ha a párolgás befejeződött, telített gőzt kapunk. A 3 kg tömegű víz felmelegítéséhez és elpárologtatásához szükséges hőmennyiség 1 bar nyomáson:

$$Q = m[c(t_2 - t_1) + r] = 3\text{kg}[4187 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}(100^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) + 2\,260\,000 \text{ J/kg}] = 7\,659\,000 \text{ J}.$$

A vízzel közölt hőteljesítmény 1000 W. A felmelegítéshez és elpárologtatáshoz szükséges idő:

$$t = \frac{Q}{P} = \frac{7\,659\,000 \text{ J}}{1000 \text{ W}} = 7659 \text{ s} = 2,12 \text{ h}$$

173. példa

10 000 kg tömegű 750 K hőmérsékletű, 50 bar nyomású túlhevített vízgőzből mennyi hőmennyiséget kell elvonni ahhoz, hogy változatlan nyomású telített gőzt, illetve telített vizet kapjunk? A feladatot a vízgőz $i = p$ diagramja segítségével oldja meg!

174. példa

Egy 8 kg tömegű láda oldallapjára merőleges vízsugarat irányítunk, melynek sebessége 10,5 m/s, átmérője 20 mm. A vízsugar hatására a láda a betonon egyenletes sebességgel mozog. A láda és a beton között a súrlódási tényező értéke 0,4. Mekkora a láda sebessége?

K i d o l g o z á s :

$$m = 8 \text{ kg}$$

$$v_1 = 10,5 \text{ m/s}$$

$$d = 0,02 \text{ m, a vízsugar keresztmetszete } A = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{0,02^2 \text{ m}^2 \pi}{4} = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\mu = 0,4.$$

A vízsugar hatására a láda a betonon egyenletes sebességgel mozog, vagyis a ládára ható súrlódóerő és a folyadéksugarat gyorsító erő (F) azonos nagyságú.

A súrlódóerő

$$F_s = \mu \cdot m \cdot g = 0,4 \cdot 8 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 31,4 \text{ N}$$

így $F = 31,4 \text{ N}$.

Másrészt:

$$F = \rho A (v_1 - u) (v_1 - u) = \rho A (v_1 - u)^2$$

Az ismert mennyiségek, továbbá $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ vízsűrűség behelyettesítése és összevonások után másodfokú egyenletet kapunk, melyet megoldunk u-ra:

$$u^2 - 21 u - 10,25 = 0$$

$$u_{1,2} = \frac{+21 \pm \sqrt{21^2 - 4 \cdot 10,25}}{2} \quad \begin{array}{l} 0,5 \text{ m/s} \\ 20,5 \text{ m/s} \end{array}$$

A két megoldás közül csak az $u = 0,5 \text{ m/s}$ ládasebességnek van fizikailag értelme.

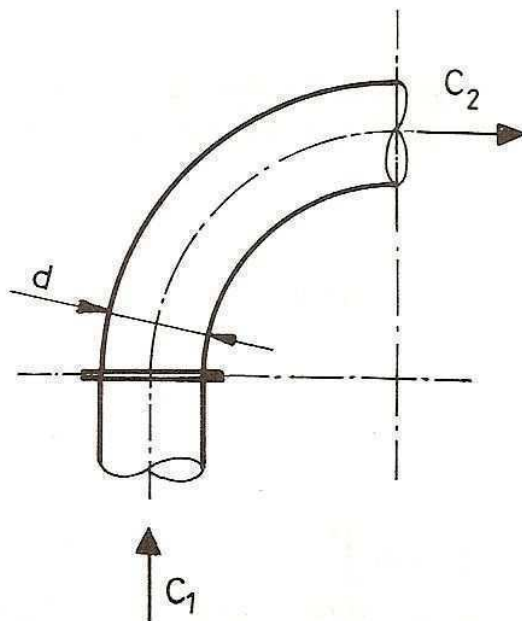
175. példa

Egy 50 mm átmérőjű vízszintes csőből másodpercenként 30 liter víz áramlik ki.

- Milyen sebességgel lép ki a csőből a víz?
- Mekkora erővel kell a vízszög útjába állított függőleges lapot megtámasztani, hogy az ne mozduljon el?

176. példa

Egy 5 kg tömegű faláda oldallapjára merőleges vízszintes vízszögat irányítunk. A vizet egy nagy keresztmetszetű víztároló tartályból nyerjük, amelyben a nyomás az elvétel helyén $4,4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, és egy 15 mm belső átmérőjű, 8 m hosszú vízszintes gumicsövön vezetjük a faládaéhoz. A vízszög hatására a láda a betonon egyenletesen, $0,4 \text{ m/s}$ sebességgel mozog. A légköri nyomás 1 bar.



75. ábra

- Milyen nagyságú sebességgel lép ki a víz a gumicső végén, ha a csősúrlódás tényezője 0,01?
- Mekkora a súrlódási tényező a láda és a beton között a vázolt esetben?

177. példa

Vízszintes síkban fekvő, $d = 120 \text{ mm}$ belső átmérőjű, 90° -os ívből $45,2 \text{ dm}^3/\text{s}$ vízáram lép ki a szabadba (75. ábra). A kilépés irányához képest milyen irányú és mekkora erővel kell az ívet megtámasztani? (Az ív elején és végén a nyomás a légkörivel megegyezőnek tekinthető.)

178. példa

10 m/s sebességű 10 cm átmérőjű vízszintes vízszög 3 m/s sebességgel távolodó függőleges lapot ér.

- a.) Mekkora vízszintes irányú, a lapra ható erővel tudjuk biztosítani az adott egyenletes sebességet?
- b.) Mekkora erővel kell a vízszög útjába állított függőleges lapot megtámasztani, ha azt akarjuk, hogy ne mozduljon el?

179. példa

Egy rakétát vízszintes pályán mozgó kocsira erősítünk. A rakéta tolóereje állandónak tekinthető. A kocsi és a pálya között a gördülési ellenállástényező értéke 0,01. A rakéta fúvókáján kiáramló gáz sebessége 500 m/s, a másodpercenként elégt gáz tömege 20 kg, a kocsi és a rakéta kezdő tömege 500 kg.

Mekkora a rendszer kezdő gyorsulása a begyújtás pillanatában?

180. példa

Két egytengelyű vízszintes csővezeték hirtelen keresztmetszet-változással csatlakozik egymáshoz. A csővezeték ugrásszerű kibővítését az egyszerű elkészítés indokolhatja. A kisebb átmérőjű csőben áramló víz sebessége 5 m/s, a csatlakozó nagyobb átmérőjű csőben 1,5 m/s.

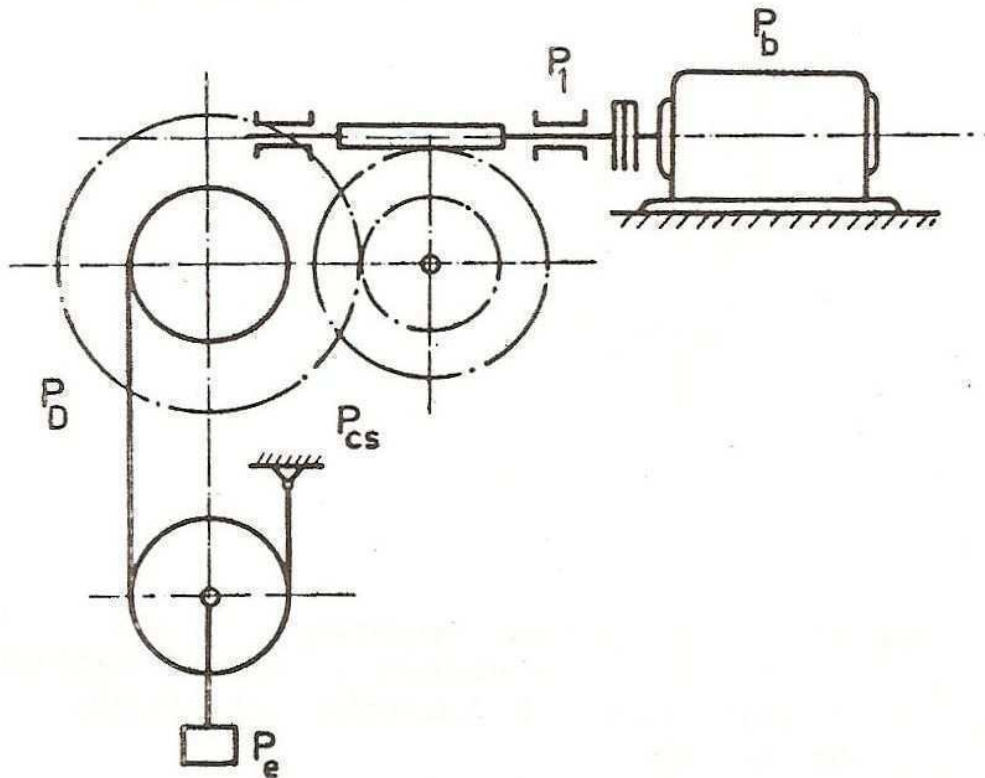
Mindkét csőszakaszon a súrlódásból keletkező nyomáscsökkenés 30 000 Pa.

- a.) Készítsen vázlatot és határozza meg a csővezeték toldásánál jelentkező ún. Borda-Carnot veszteséget!
- b.) A keletkező Borda-Carnot veszteség hány százaléka a két egyenes csőszakasz ellenállásának?

IV. A MUNKAGÉPEK NÉHÁNY TÍPUSA

181. példa

A 76. ábrán villamos üzemű emelőgép vázlata látható. A villamos motor csigahajtás és fogaskerékpár közvetítésével emeli a mozgó csigán függő terhet. A villamos motor hasznos teljesítménye 40 kW, hatásfoka 0,86. A csigahajtás hatásfoka 92%, a fogaskerékpár hatásfoka 95%, a mozgócsiga hatásfoka 75%. Válasszunk teljesítményléptéket, és készítsük el a teljesítményszalagot!

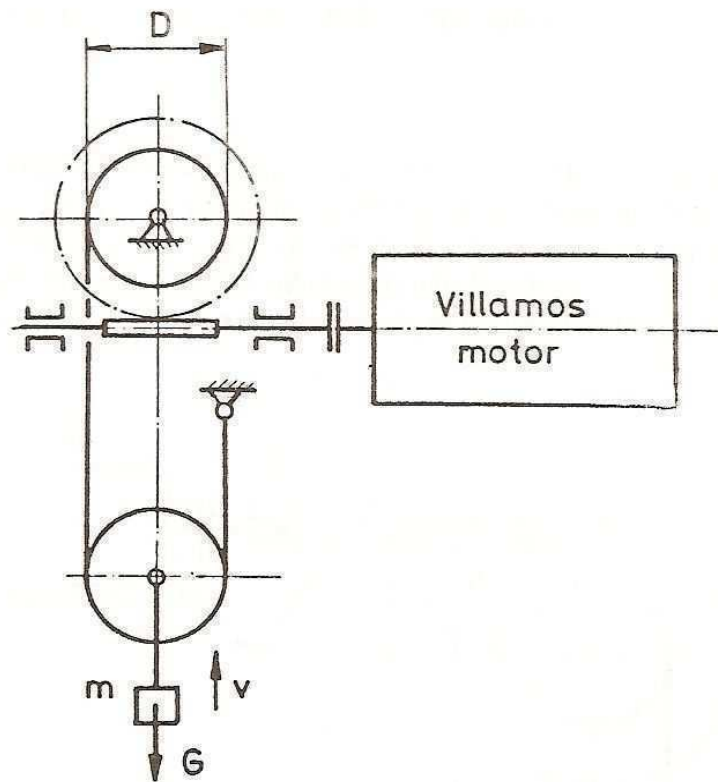


76. ábra

182. példa

A 77. ábrán villamos üzemű emelőgép vázlatát láthatjuk. A villamos motor tengelye csigahajtáshoz csatlakozik. A csigakerék a kötődobbal közös tengelyen van. A hajtómotor teljesítménye 25 kW, fordulatszáma 720/min. A motor hatásfoka 84%, az emelőmű hatásfoka 70%. A kötődob átmérője 40 cm. A 10 Mg-os teher mozgócsigán függ.

- Mekkora a teheremelés sebessége?
- Mekkora legyen a csigahajtás módosítása?
- Mennyi villamos energiát fogyaszt a rendszer 5 óra emelési üzemben?



77. ábra

183. példa

Egy felsőgépházás személyfelvonó járószékének tömege 560 kg, a szállítható hasznos teher 320 kg, az ellensúly a szokásos nagyságú. Az aknahatásfok 76%. A kötél Dob átmérője 0,52 m, fordulatszáma 26/min.

- a.) Mekkora az elméleti kötélerők?
- b.) Mekkora a teljesítmény igény a kötéldob tengelyén?

K i d o l g o z á s :

$$\begin{aligned}
 m_j &= 560 \text{ kg} \\
 m &= 320 \text{ kg} \\
 \eta_a &= 0,76 \\
 D &= 0,26 \text{ m} \\
 n &= 26/\text{min}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{a.) } T_{1e} &= ? \\
 T_{2e} &= ? \\
 \text{b.) } P &= ?
 \end{aligned}$$

Az ellensúly szokásos nagysága

$$m_e = m_j + \frac{m}{2} = 560 \text{ kg} + \frac{320}{2} \text{ kg} = 720 \text{ kg}$$

a) Az elméleti kötelerők a 78. ábra alapján

$$T_{1e} = (m + m_j)g = (320 \text{ kg} + 560 \text{ kg}) 9,81 \text{ m/s}^2 = \mathbf{8633 \text{ N}}$$

$$T_{2e} = m_e \cdot g = 720 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = \mathbf{7063 \text{ N}}$$

b.) Az elméleti kerületi erő a teljes m teher emelésekor

$$F_e = T_{1e} - T_{2e} = 8633 \text{ N} - 7063 \text{ N} = \mathbf{1570 \text{ N}}$$

Az m teher emeléséhez szükséges elméleti nyomaték

$$M_e = \frac{D}{2} \cdot F_e = \frac{0,26}{2} \text{ m} \cdot 1570 \text{ N} = \mathbf{408 \text{ N} \cdot \text{m}}$$

A hajtóművel szemben támasztott elméleti teljesítményigény:

$$P_e = M \cdot \omega$$

ω a kötéldob szögsebessége.

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60 \text{ s/min}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 26 / \text{min}}{60 \text{ s/min}} = 2,72 \text{ rad/s}$$

$$P_e = 480 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 2,72 \text{ rad/s} = 1110 \text{ W}$$

A kötéldobon fellépő - a hajtóművel szemben támasztott - valóságos teljesítményigény az aknahasználatok figyelembevételével

$$P = M \cdot \omega = \frac{P_e}{\eta_a} = \frac{1110 \text{ W}}{0,76} = \mathbf{1460 \text{ W}}$$

184. példa

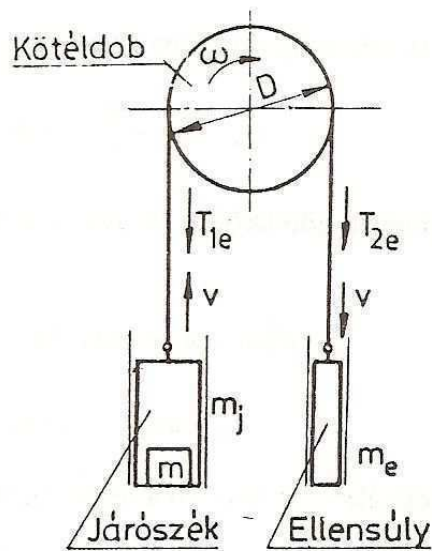
A 79. ábrán szokásos elrendezésű felsőgépházaz felvonót láthatunk. A járószék tömege 600 kg, a szállítható hasznos teher 450 kg. Az ellensúly a szokásos nagyságú. Az emelési sebesség 0,7 m/s. A kötéldob átmérője 60 cm. A kötéldobon a teljesítmény veszteség 0,2 kW, az aknahasználatok 0,72. Az

aknaveszteségek egymással egyenlők. A kötéldobot hajtó közlőmű hatásfoka 88%, a villamos motor hatásfoka 84%.

- Mekkora az elméleti teljesítmény a kötéldob tengelyén?
- Mekkora a villamos motor teljesítményigénye?
- Készítsük el a léptékhelyes teljesítményszalagot!

185.példa

Egy dugattyús szivattyú hengerátmérőjét 180 mm-nek, a forgattyúkar hosszát 150 mm-nek mértük. Mekkora a lökettérfogat?

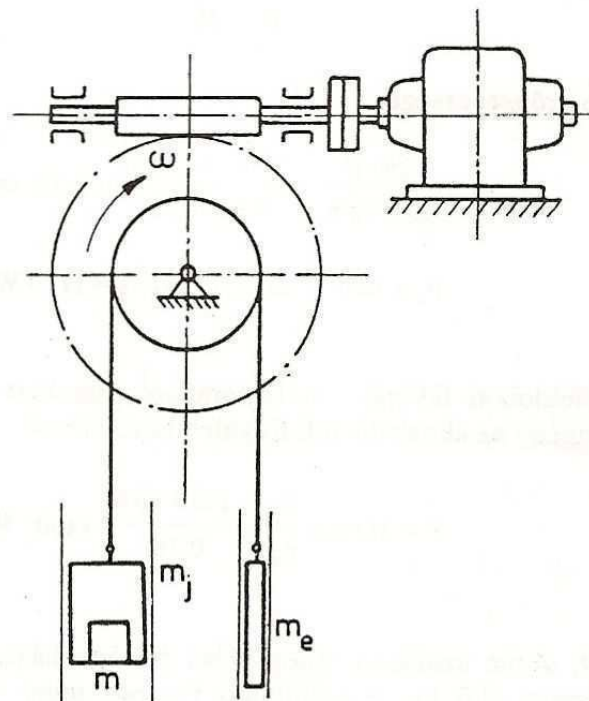


78. ábra

186. példa

Egyszeres működésű dugattyús szivattyú fordulatszáma 60/min. A dugattyúátmérő 200 mm, a lökethossz 380 mm.

- Mekkora a z elméleti maximális és a geometriai folyadékszállítás?
- Ábrázolja az elméleti vízszállítást az idő függvényében!



79. ábra

187. példa

Egy egyszeres működésű dugattyús szivattyú dugattyúátmérője 0,16 m, lökethossza 0,3 m. A szivattyút 60/min - 120/min fordulatszám tartományban tudjuk üzemeltetni.

- Rajzolja fel az elméleti folyadékszállítási diagramot a határesetekben!
- Hányszor nagyobb az elméleti maximális és a geometriai folyadékszállítás a felső fordulatszám határon, mint az alsón?

188. példa

Egyszeres működésű dugattyús szivattyú lökettérfogata 18,5 dm³, fordulatszáma 120/min. Az indikált teljesítmény 7,3 kW, a hidraulikai hatásfok 84%, a volumetrikus hatásfok 92%.

- Mennyi a közepes folyadékszállítás?
- Mennyi a szivattyú szállítómagassága?

189. példa

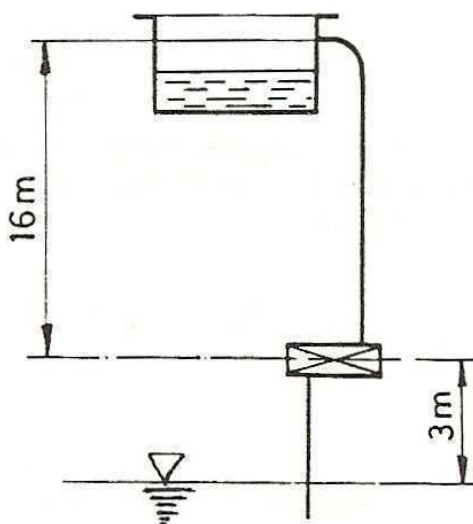
A 80. ábrán egyszeres működésű dugattyús szivattyú elhelyezési vázlata látható. A szivattyú vizet szállít, lökettérfogata 22 dm³. A csővezeték vesztesége elhanyagolható.

- Rajzolja fel az elméleti indikátor diagramot, és állapítsa meg a szívó-, illetve a nyomóütemben végzett munkát, ha a barométerállás 750 mm!
- Mennyi az elméleti szállítómagasság?
- Mennyi az indikált teljesítmény, ha a szivattyú fordulatszáma 80/min?

190. példa

Egyszeres működésű dugattyús szivattyú fordulatszáma 85/min. A dugattyúátmérő 220 mm, a lökettérfogat 16 liter. A szivattyú volumetrikus hatásfoka 91%, össz-hatásfoka 70%. A kulisszás hajtómű hatásfoka 96%. A hajtómotor hasznos teljesítménye 14,5 kW.

- Mekkora a dugattyú maximális és közepes sebessége?
- Mennyi a közepes vízszállítás és a szállítómagasság?
- Ábrázolja az elméleti vízszállítást az idő függvényében!



80. ábra

191. példa

Kettős működésű egyhengeres dugattyús szivattyú dugattyúátmérője 8 cm, lökethossza 12 cm, a hajtómű

fordulatszáma 130/min. A szivattyú szállítómagassága 33 m, a volumetrikus hatásfoka 95%, az összhatásfoka 76%. A hajtómű hatásfoka 94%.

- Mekkora a dugattyú maximális és közepes sebessége feltételezve, hogy a hajtás kulisszás hajtóművel történik?
- Mekkora a szivattyú közepes vízszállítása?
- Milyen motorteljesítmény szükséges a szivattyú hajtásához?
- Ábrázolja az elméleti vízszállítást az idő függvényében!

192. példa

Dugattyú ikerszivattyú (kéthengeres, kétszeres működésű) dugattyú-átmérője 80 mm. A mindkét oldalon kivezetett dugattyúrúd átmérője 20 mm. A lökethossz 120 mm. A hajtómű fordulatszáma 130/min. A volumetrikus hatásfok 95%. Mennyi a szivattyú közepes vízszállítása?

K i d o l g o z á s :

$$\begin{aligned}z &= 2 \\i &= 2 \\D &= 0,08 \text{ m} \\d &= 0,02 \text{ m} \\s &= 0,12 \text{ m} \\n &= 130/\text{min} \\\eta_v &= 0,95\end{aligned}$$

Elméletileg a forgattyú egy körülfordulása alatt a kéthengeres, kettősműködésű dugattyús szivattyú egy henger lökettérfogatának $i \cdot z$ - szeresét szállítja

$$Q_g = i \cdot z \cdot A \cdot s \cdot n$$

Az A dugattyúfelület a dugattyúkeresztmetszetnek a dugattyúrúd keresztmetszetével csökkentett része, hiszen a dugattyúrúd mindkét oldalon kivezetett kivitelű

$$A = \left(\frac{D^2 - d^2}{4} \right) \pi = \left(\frac{0,08^2 \text{ m}^2 - 0,02^2 \text{ m}^2}{4} \right) \pi = 4,71 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Igy

$$Q_g = 2 \cdot 2 \cdot 4,71 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^2 \cdot 0,12 \text{ m} \cdot \frac{130 / \text{min}}{60 \text{ s} / \text{min}} = 4,905 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$$

A tényleges közepes vízszállítás és az elméleti közepes - a geometriai - folyadékszállítás között a volumetrikus hatásfok ad kapcsolatot:

$$Q_k = \eta_v \cdot Q_g = 0,95 \cdot 4,905 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^3/\text{s} = 4,66 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{4,66 \text{ dm}^3/\text{s}}$$

193. példa

Egy kéthengeres, kétszeres működésű dugattyús szivattyú lökettérfogata $0,012 \text{ m}^3$, a dugattyú felülete $0,0314 \text{ m}^2$. A szivattyút hajtó forgattyús hajtómű fordulatszáma $80/\text{min}$. A szivattyú szállítómagassága 52 m , összhatásfoka 72% , volumetrikus hatásfoka 94% . A két henger egymáshoz képest 90° -kal elékelt.

a.) Válasszon léptéket és rajzolja meg a két henger - eltolt helyzetű - elméleti folyadékszallítási diagramját az idő függvényében!

A dugattyú mozgástörvényét közelítse a kulisszás hajtómű mozgástörvényével! Számítását táblázatos formában végezze!

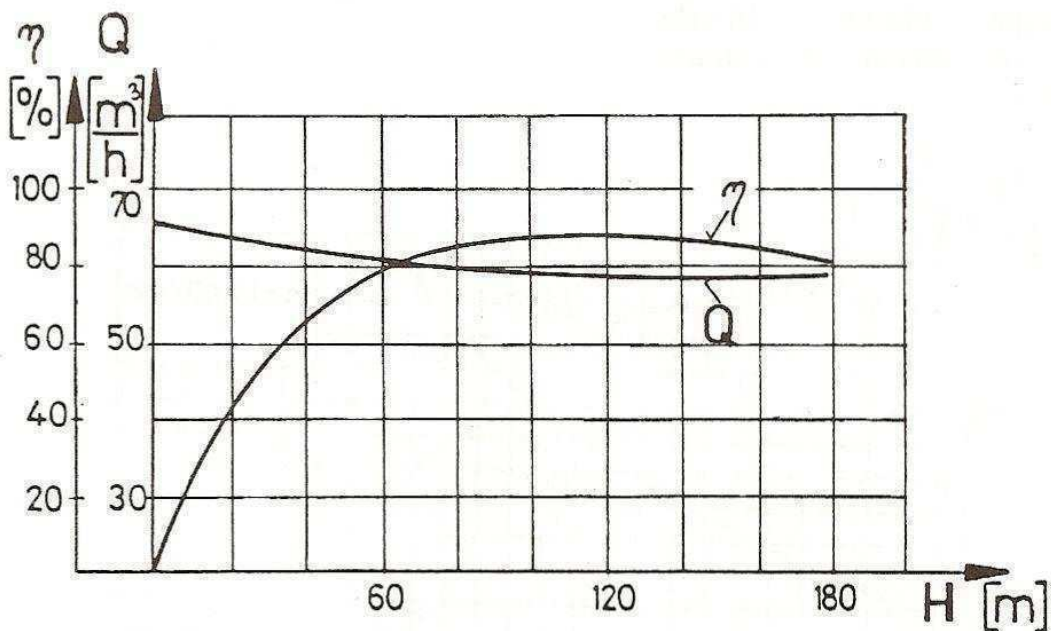
b.) Mekkora a szivattyú közepes vízszállítása?

c.) Mennyi a szivattyú hajtásához szükséges teljesítmény?

194. példa

A 81. ábrán méréssel egy bizonyos állandó fordulatszámon felvett dugattyús szivattyú jelleggörbe látható. (Térfogatkiszorítás elvén működő gépeknél szokásos a szállítómagasság függvényében ábrázolni a folyadékszallítást és az összhatásfokot.) Számolja ki és ábrázolja $20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 \text{ m}$ szállítómagasságnál a szivattyú hasznos teljesítményét!

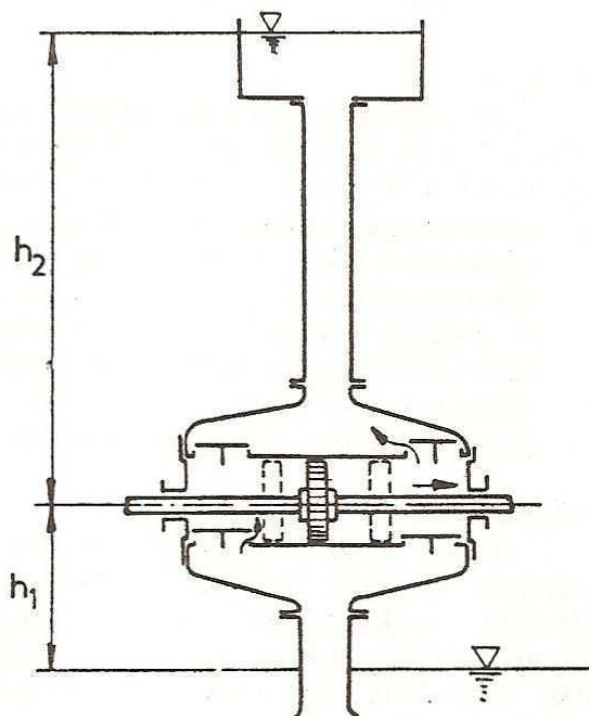
A szállított közeg víz. A számítást táblázatosan végezze!



81. ábra

195. példa

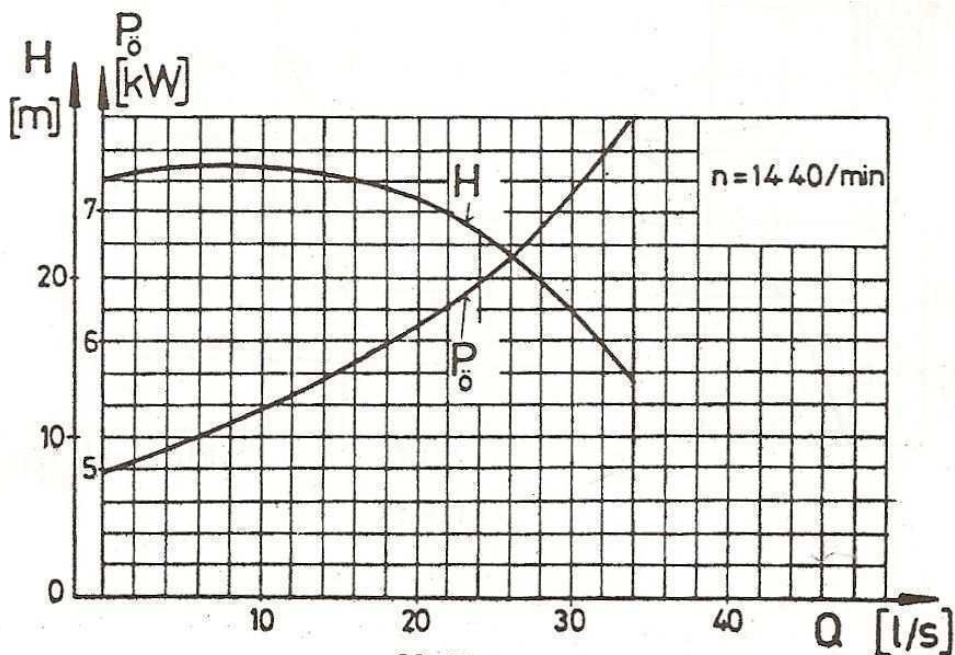
A 82. ábrán látható kettősműködésű dugattyús szivattyú légköri nyomású térből szív és légköri nyomású térbe szállít, $h_1 = 2\text{ m}$, $h_2 = 28\text{ m}$. A szivattyú szívó- és nyomóvezeték ellenállásának legyőzéséhez szükséges munkát tekintsük elhanyagolható nagyságúnak. A közepes vízszállítás $0,014\text{ m}^3/\text{s}$. A volumetrikus hatásfok $0,95$, a mechanikai hatásfok $0,90$, a hidraulikai hatásfok $0,91$. Mennyi a dugattyús szivattyú hasznos és bevezetett teljesítménye?



82. ábra

196. példa

A 83. ábrán egy örvényszivattyú jelleggörbéjét ábrázoltuk, azaz a szállított vízmennyiség függvényében a szállítómagasságot, $1440/\text{min}$ állandó fordulatszám mellett. A szállított közeg víz.



83. ábra

- a.) Számolja ki és rajzolja fel a szivattyú összhatásfok görbáját!
- b.) Milyen összetartozó vízmennyiség szállítomagasság értéknél üzemeltetné a szivattyút?

197. példa

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

- a.) Mennyi az össznyomás-növekedés?
- b.) Mennyi a nyomócsonkon uralkodó abszolút nyomás?

198. példa

Egy ventilátor légszállítása 1,2 m³/s, a hasznos teljesítménye 970 W. A levegő sebessége a szívócsőben 11,5 m/s, a nyomócsőben 8,2 m/s. Mekkora a szívó- és nyomócsonk között mérhető nyomáskülönbség? (A levegő sűrűsége 1,25 kg/m³.)

K i d o l g o z á s :

$$\begin{aligned} Q &= 1,2 \text{ m}^3/\text{s} \\ P_h &= 970 \text{ W} \\ v_1 &= 11,5 \text{ m/s} \\ v_2 &= 8,2 \text{ m/s} \\ \rho &= 1,25 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

A ventilátor által létrehozott össznyomás-növekedés

$$\Delta p_o = \frac{P_h}{Q} = \frac{970 \text{ W}}{1,2 \text{ m}^3/\text{s}} = 808 \text{ Pa}$$

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

$$\Delta p_o = p_2 - p_1 + \rho \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2} \right)$$

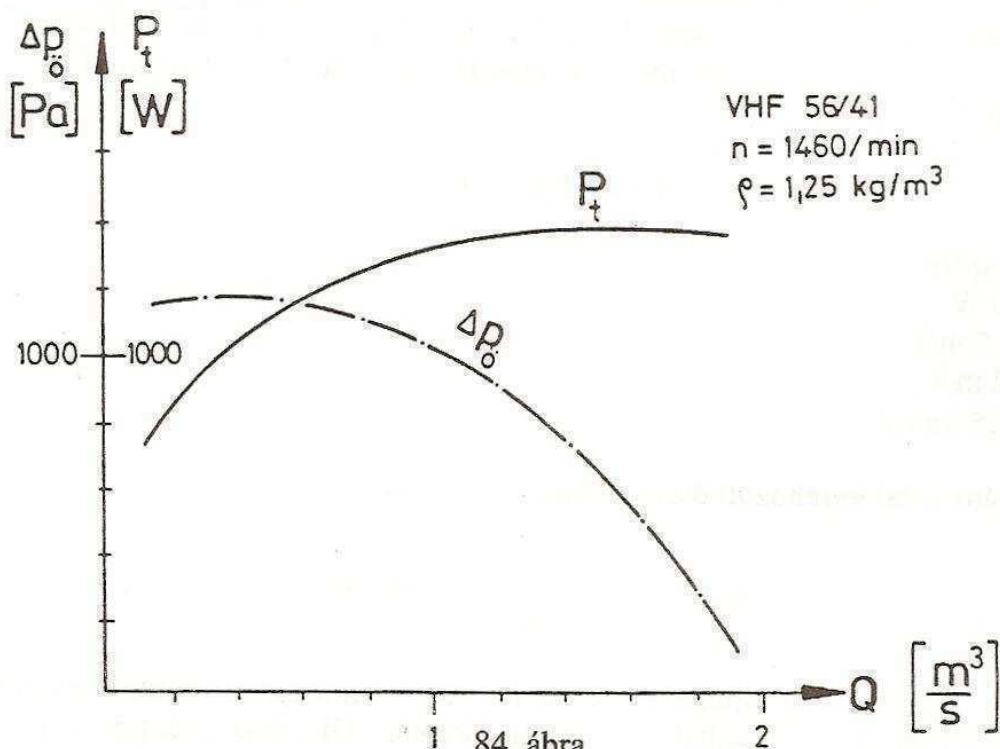
A szívó- és nyomócsonk között mérhető nyomáskülönbség:

$$p_2 - p_1 = \Delta p_o - \rho \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2} \right) = 808 \text{ Pa} -$$

$$-1,25 \text{ kg/m}^3 \left(\frac{8,2^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 - 11,5^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{2} \right) = 849 \text{ Pa}$$

199. példa

A 84. ábrán egy VHF 56 típusú ventilátor össznyomás-növekedés és tengelyteljesítmény görbáját láthatjuk a légszállítás függvényében. Szerkesszük meg a hatásfok görbét!

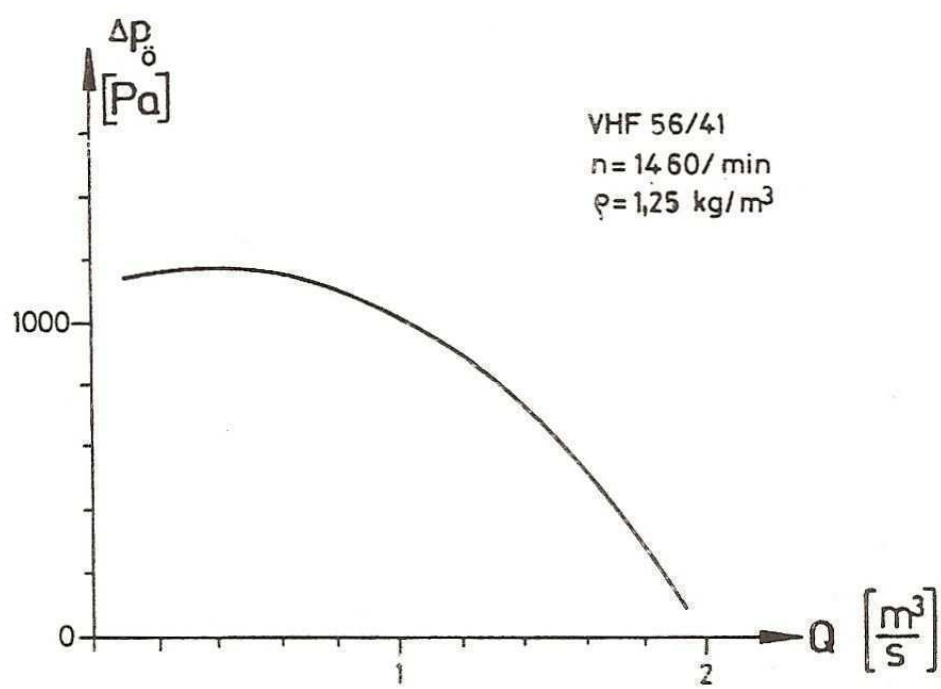


84. ábra

200. példa

A 85. ábrán egy VHF 56 típusú ventilátor össznyomásnövekedés görbáját adjuk meg a légszállítás függvényében. A nyomócső belső átmérője 0,52 m, a szívócső belső átmérője 0,34 m. Rajzolja meg a szívó- és nyomócsőnk között mérhető nyomáskülönbség görbáját!

Mérhető-e ez a nyomáskülönbség 0,5 m skálahosszúságú U-csöves vizes manométerrel?



85. ábra

V. AZ ERŐGÉPEK ALAPVETŐ TÍPUSAI

201. példa

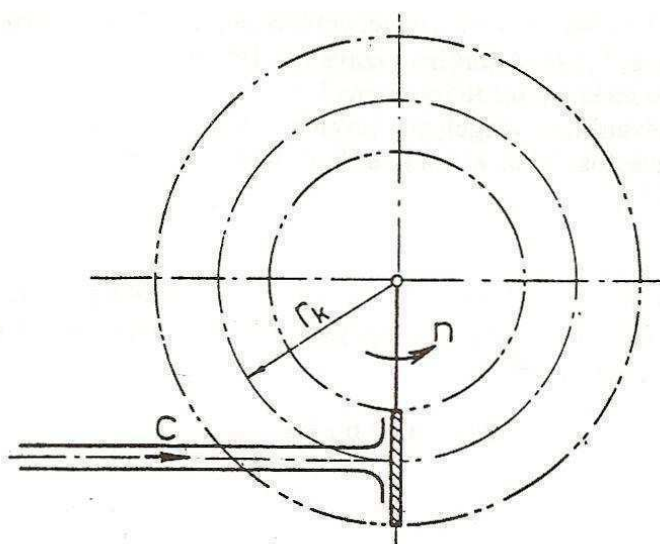
Alulcsapott vízikerék $1,3 \text{ m}^2$ felületű lapátja 4 m/s sebességű folyóvízbe merül (a kerék vízszintes tengelye a folyóvíz felett van, így a lapátok alsó helyzetükben merülnek a vízbe). A lapát középvonalának távolsága a kerék tengelyétől $1,2 \text{ m}$. (A vízikerék lapátozását végtelen sűrűnek, de egymást nem zavarónak tekintjük.)

- Mekkora legnagyobb teljesítményt adna a vízikerék veszteségmentes esetben?
- Mekkora az ehhez a teljesítményhez tartozó hajtónyomaték?

202. példa

Egyszerű radiális síklapátokkal felszerelt vízikereket 15 m/s sebességű, 30 mm átmérőjű körkeresztmetszetű vízszaggárral hajtunk. A lapátokat a vízszaggár a 86. ábra szerint éri. A lapátok középkörének sugara $r_k = 0,2 \text{ m}$. A kerék $250/\text{min}$ állandó fordulatszámmal forog.

- A lapátozást "végtelen sok, de egymást nem zavaró lapátokból álló"-nak feltételezve, számítsa ki a kereket forgató nyomatékot és teljesítményt!
- Milyen fordulatszámmal kapnánk a legnagyobb teljesítményt és mekkora lenne az?



86. ábra

203. példa

Alulcsapott vízikerék 2 m² felületű lapátja 6 m/s sebességű folyóvízbe merül. A lapát középvonalának távolsága a kerék tengelyétől 1,5 m. (A vízikereket tekintjük végtelen sok, de egymást nem zavaró lapáttal felszereltnek.)

- a.) Mennyi a vízikerék optimális fordulatszáma?
- b.) Rajzolja meg a kerületi erőből származó nyomaték változását a kerék szögsebességének függvényében!
- c.) Ha a mechanikai veszteségek 12 000 N.m súrlódási nyomatékot okoznak, mennyi akkor a vízikerék maximálisan hasznosítható teljesítménye? Hogyan változik ez a teljesítmény a szögsebesség függvényében?

204. példa

Pelton turbina járókerekére 280 m³/min vízmennyiség érkezik a tőle 125 m magasra fekvő tóból. A vizet szállító csővezeték hossza 210 m, az átlagos csősúrlódási tényező 0,03 értékű.

- a.) Ha a csővezeték megengedett hatásfoka 95%, milyen átmérőjű legyen a cső?
- b.) Mennyi a turbina bevezetett teljesítménye?
- c.) Mennyi a turbina összhatásfoka, ha az általa hajtott 93% hatásfokú váltóáramú generátor 4,25 MW villamos teljesítményt szolgáltat?
- d.) Mennyi az energiaátalakítás összhatásfoka? Rajzolja meg az energiaáram-ábrát!

205.példa

Egy Pelton turbinára érkező víz geodetikus esése 120 m. A nyomócsőben a veszteségmagasság 3,6 m. A turbina víznyelése 160 dm³/s.

- a.) Mennyi a bevezetett összes teljesítmény?
- b.) Mennyi a vízturbina tengelyén levehető hasznos teljesítmény, ha a hidraulikai hatásfok 0,95, a volumetrikus hatásfok 0,97, és a mechanikai hatásfok 0,92?

206. példa

Egy Francis turbina víznyelése 670 dm³/s, a tényleges esés 29 m. A turbina fordulatszáma 600/min, a tengelyén mérhető nyomaték 2,44 kN.m. Mennyi a turbina összhatásfoka?

K i d o l g o z á s :

$$Q = 0,67 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 29 \text{ m}$$

$$n = 600/\text{min}$$

$$M = 2,44 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

A vízturbinába bevezetett összes teljesítmény:

$$P_o = \rho g Q H = 1000 \text{ kg / m}^3 \cdot 9,81 \text{ m / s}^2 \cdot 0,67 \text{ m}^3 / \text{s} \cdot 29 \text{ m} = \mathbf{190,6 \text{ kW}}$$

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

$$\omega = \frac{2 \pi n}{60 \text{ s / min}} = \frac{2\pi \cdot 600 / \text{min}}{60 \text{ s / min}} = 62,8 \text{ rad / s}$$

Ezután:

$$P_h = M\omega = 2440 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 62,8 \text{ rad / s} = \mathbf{153,2 \text{ kW.}}$$

Így

$$\eta_o = \frac{P_h}{P_o} = \frac{153,2 \text{ kW}}{190,6 \text{ kW}} = \mathbf{80,4\%}$$

207.példa

Egy 24 MW hasznos teljesítményű hőerőmű 24 órai tüzelőanyag fogyasztása 760 t 14 MJ/kg fűtőértékű lignit. Mennyi az erőmű fajlagos hőfogyasztása és hatásfoka?

208. példa

Egy fűtőerőmű ellennyomásra dolgozó gőzturbinájába érkező friss gőz entalpiája 3400 kJ/kg. A turbinán a gőz entalpiaváltozása 728 kJ/kg, a gőzturbina tengelykapcsolóján levehető hasznos teljesítményre vonatkoztatott fajlagos gőzfogyasztás 6,3 kg/kWh. A generátor hatásfoka 96,5%. A turbina gőzfogyasztása 200 000 kg/h.

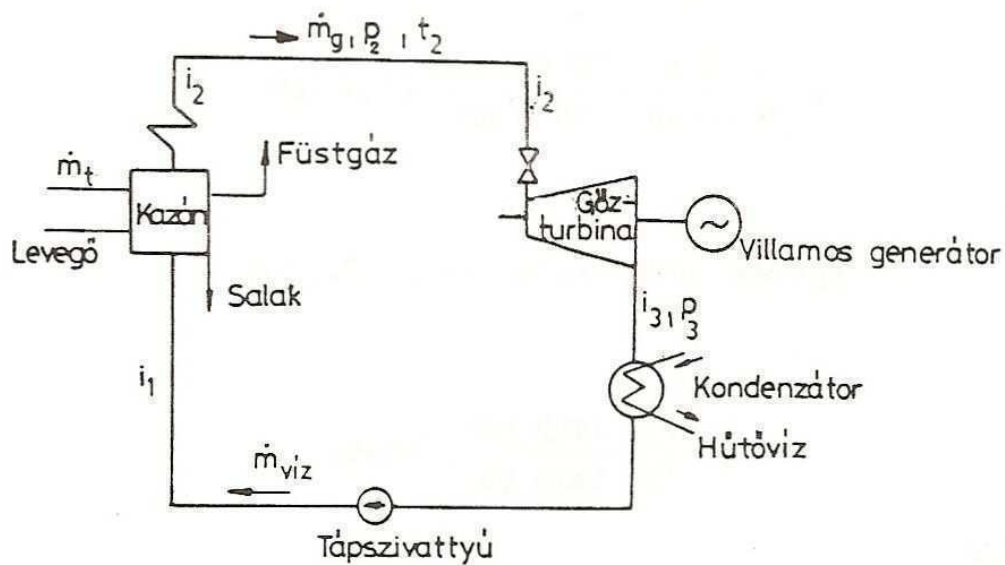
- Mennyi a generátorról levehető teljesítmény?
- Mekkora a turbina hatásfoka?
- Mennyi az 1 kg gőz termelésére felhasznált hő? Ennek hány százaléka a turbinán a gőz entalpiaváltozása? (A tápvíz hőfoka 60 °C.)

209. példa

A 87. ábrán hőerőmű egyszerűsített kapcsolási rajza látható. A generátor teljesítménye 50 MW, a hatásfoka 97%. A generátort hajtó gőzturbina hatásfoka 87%, a friss gőz nyomása $p_2 = 110 \text{ bar}$, hőmérséklete $t_2 = 500 \text{ °C}$, így entalpiája $i_2 = 3370 \text{ kJ/kg}$. A kondenzátorban a nyomás $p_3 = 0,04 \text{ bar}$, ekkor a gőz entalpiája $i_3 = 2180 \text{ kJ/kg}$.

- Mekkora gőzmennyiségre van szükség a megadott generátor-teljesítmény eléréséhez?
- Mennyi a kazán óránkénti szénfogyasztása? A kazánhatásfok 80%, a tápvíz entalpiája $i_1 = 125 \text{ kJ/kg}$, a szén fűtőértéke 20 MJ/kg.

- c.) Ábrázolja léptékhelyesen a hőerőmű teljesítmény szalagját!
d.) Mekkora az erőmű hatásfoka?



87. ábra

210.példa

Egy vízcsöves kazán gőztermelése 200 Mg/h. 1 kg tápvíz entalpiája 3200 kJ-lal növekszik meg, mire kilép a kazánból. A kazán 55 Mg/h barnaszenet fogyaszt, melynek fűtőértéke 15 MJ/kg.

- a.) Mennyi a kazán hatásfoka?
b.) A kazán fajlagos gőztermelése 25 kg/m²·h. Mekkora a szükséges fűtőfelület?

211.példa

Egy kazán rostélyfelülete 12 m², a fajlagos rostélyterhelés 180 kg/m²·h, 13 200 kJ/kg fűtőértékű szén tüzelésekor.

- a.) Állandó üzemben, egy hónap alatt (30 x 24 h), hány t szenet tüzelnek el?
b.) A kazán 78% hatásfokú, a gőztermeléshez 2900 kJ/kg hőmennyiséget kell közölni a tápvízzel. Hány kg szén szükséges 1 kg gőz termeléséhez?

K i d o l g o z á s :

$$A_r = 12 \text{ m}^2$$

$$b_r = 180 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}$$

$$H = 13\,200 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_k = 0,78$$

$$\Delta_i = 2900 \text{ kJ/kg}$$

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

$$m_t = A_r b_r = 12 \text{ m}^2 \cdot 180 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot \text{h} = 2160 \text{ kg} / \text{h}$$

Egy hónap a feladat szerint 720 óra, így az eltüzelt szénmennyiség

$$m_t = m_t \cdot 720 \text{ h} = 2160 \text{ kg} / \text{h} \cdot 720 \text{ h} = \mathbf{1555 \text{ Mg}}$$

b.) A gőztermelést (m_g) a kazánhatásfokra vonatkozó összefüggésből kapjuk:

$$m_g = \frac{m_t H \eta_k}{\Delta i} = \frac{2160 \text{ kg} / \text{h} \cdot 13\,200 \text{ kJ} / \text{kg} \cdot 0,78}{2900 \text{ kJ} / \text{kg}} = 7669 \text{ kg} / \text{h}$$

Ezután a keresett, dimenzió nélküli viszonyszám:

$$\frac{m_t}{m_g} = \frac{2160 \text{ kg} / \text{h}}{7669 \text{ kg} / \text{h}} = \mathbf{0,282 \text{ kg szén/kg gőz}}$$

212. példa

Gőzkazánban óránként 2000 kg 10 bar nyomású 250 °C-ra túlhevített gőzt termelünk, 16 °C-os tápvízből. A termelt víz entalpiája 2940 kJ/kg. A kazán hatásfoka 76%.

- a.) Óránként hány kg 12 MJ/kg fűtőértékű szenet kell eltüzelni a kazánban?
- b.) Átalakítva a kazánt olajtüzelésre, egy napi üzemhez mekkora térfogatú tartályt kell beépíteni, ha a tüzelőolaj fűtőértéke 40 MJ/kg, sűrűsége 950 kg/m³ és a kazánhatásfok 80%-ra javul?

213. példa

Egy kazán vizsgálatánál az alábbi adatokhoz jutottunk. Az óránként termelt gőzmennyiség 6000 kg, melynek entalpiája 3200 kJ/kg. A tápvíz hőmérséklete 80 °C, és a 13,5 MJ/kg fűtőértékű szénből 1,6 Mg/h a fogyasztás.

Határozza meg a kazán hatásfokát!

214. példa

Egy kazán fűtőfelülete 200 m², hatásfoka 73%, a fajlagos gőztermelés 15 kg/m².h.

- a.) Ha a termelt gőz entalpiája 3000 kJ/kg, és a tápvíz 18 °C hőfokú, óránként hány kg 15 MJ/kg fűtőértékű szenet kell a kazánban eltüzelni?
- b.) Hány kg gőz termelhető 1 kg szénnel?

215.példa

Egy gőzturbina hasznos teljesítménye 250 kW, óránkénti gőzfogyasztása 2625 kg. A turbinán átáramló gőz entalpiaváltozása 400 kJ/kg.

- a.) Mennyi a turbina fajlagos gőzfogyasztása?
- b.) Mennyi a turbina hatásfoka?

216.példa

Egy turbina fajlagos gőzfogyasztása 8 kg/kWh, hatásfoka. 86%.

- a.) Mennyi a gőz entalpiaváltozása a turbinán?
- b.) A gőzturbina által hajtott villamos generátor teljesítménye 1 MW, hatásfoka 93%. Mennyi a turbina óránkénti gőzfogyasztása?

217. példa

Egy Laval-turbina óránként 3500 kg, 12 bar nyomású 400 °C hőfokú túlhevített gőzt fogyaszt, amelynek entalpiája 3260 kJ/kg. Adiabatus expanziót feltételezve 1 bar végnyomásig a kilépő gőz entalpiája 2690 kJ/kg. A turbina 360 kW villamos teljesítményt szolgáltat, 92% hatásfokú generátort hajt.

- a.) Mennyi a gépcsoport hatásfoka?
- b.) Mennyi a turbina hatásfoka és hasznos teljesítménye?
- c.) Mennyi a turbina fajlagos gőzfogyasztása?

218. példa

Akciós gőzturbina 2 MW teljesítményű. A turbinán átáramló gőz entalpia csökkenése 880 kJ/kg. Mennyi a turbina óránkénti gőzfogyasztása, ha a turbina hatásfoka 82%?

219. példa

12 hengeres négyütemű feltöltős vasúti Diesel-motor dugattyúátmérője 160 mm, lökethossza 200 mm, fordulatszáma 1400/min. Az indikált középnyomás 1 MPa.

- a.) Mennyi az egy hengerből nyert indikált munka?
- b.) Mennyi a motor hasznos teljesítménye? (A mechanikai hatásfok értéke 0,85.)

220. példa

Egy négyhengeres, négyütemű Ottó-motor fordulatszáma 4000/min. A motor teljesítménye 36,4 kW. A dugattyúk középsebessége 11,33 m/s, a löketfuratviszony 1,1.

- a.) Mekkora a motor lökete és hengerátmérője?
- b.) A mechanikai hatásfok értéke 0,85. Mekkora a hengerekben uralkodó indikált középnyomás?

221.példa

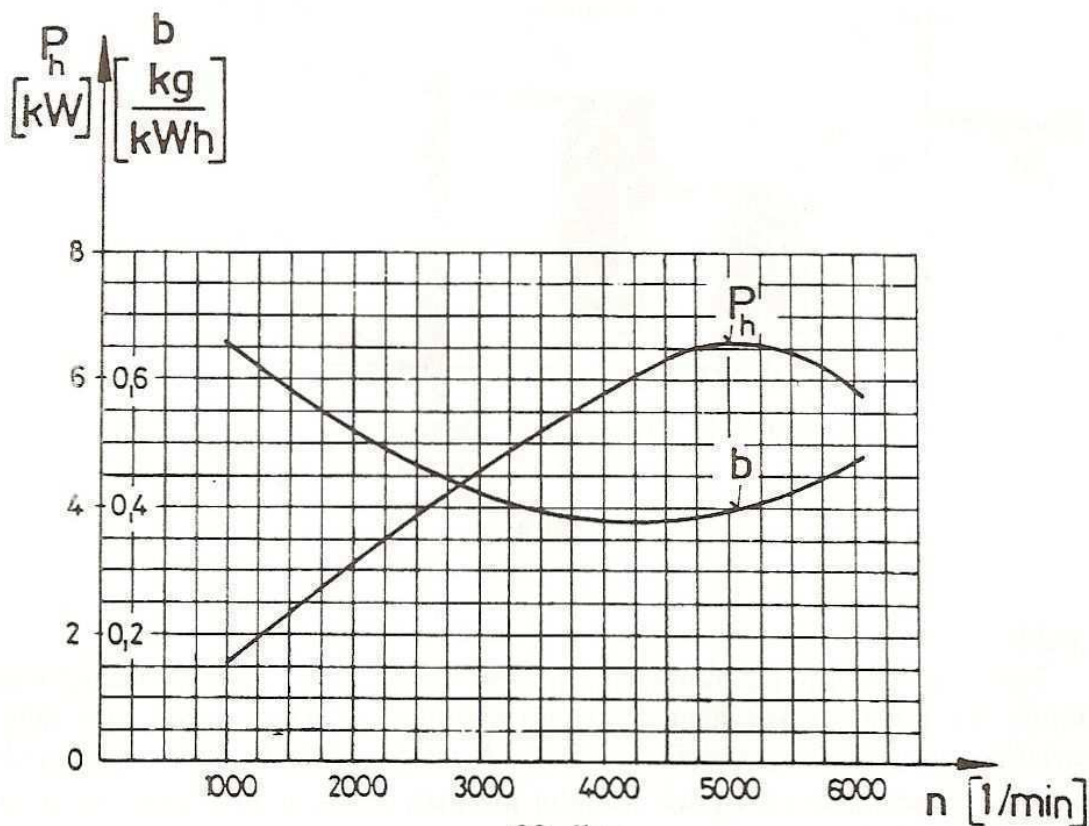
A 88. ábra egy 200 cm^3 lökettérfogatú kétütemű NSU-motor hasznos teljesítmény és fajlagos üzemanyag-fogyasztás görbáját mutatja a fordulatszám függvényében. A benzin fűtőértéke 42 MJ/kg .

- Rajzolja meg a motor hatásfokgörbét a fordulatszám függvényében!
- Mennyi a motor benzinfogyasztása, ha 10 órát $4000/\text{min}$ fordulatszámon üzemeltetik?

222. példa

Egy 250 cm^3 lökettérfogatú egyhengeres kétütemű versenymotor $7000/\text{min}$ fordulatszámnál 30 kW teljesítményt ad le. A motor löket/furat viszonya $0,9$.

- Mekkora az indikált középnyomás, ha a mechanikai hatásfok 81% ?
- Mekkora a dugattyú közepes sebessége?



88. ábra

223. példa

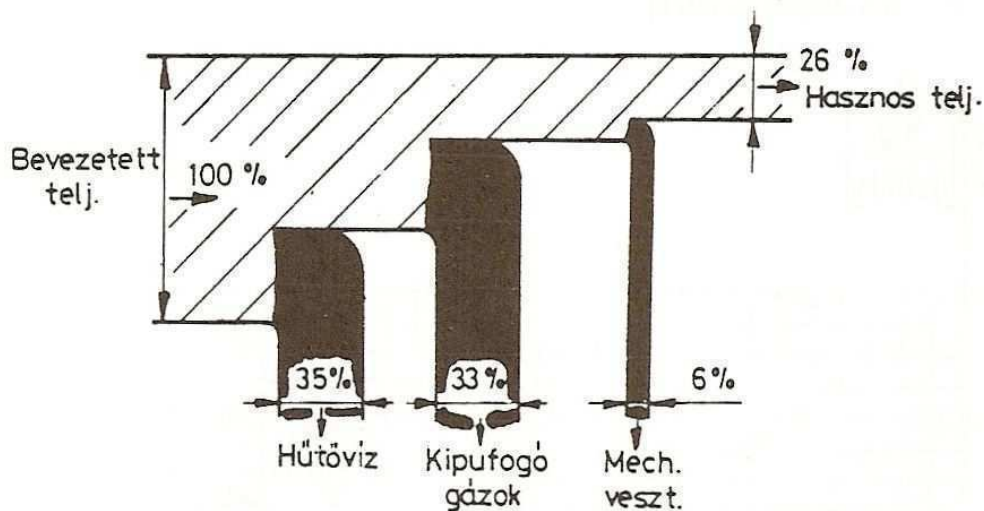
Kétütemű háromhengeres Otto-motor furata $73,5 \text{ mm}$, lökete 78 mm . A motor $4250/\text{min}$ fordulatszámaéhoz tartozó indikátor diagramjának területe $26,2 \text{ cm}^2$. A lépték a függőleges tengelyen 2 bar/cm , a vízszintesen 1 cm/cm .

- Mennyi a fordulatonként egy hengerben nyert indikált munka?
- Mennyi a motor mechanikai hatásfoka, ha az effektív teljesítmény mérés szerint 36,8 kW?
- Mennyi a motor effektív középnyomása?

224. példa

Egy Otto-motor teljesítményszalagja látható a 89. ábrán. A sugárzási hővesztéstől eltekintettünk. A motor üzemanyag-fogyasztása 13 kg/h, a benzin fűtőértéke 43,1 MJ/kg.

- Mekkora a motor hasznos teljesítménye?
- Mekkora az indikált teljesítmény?
- Mekkora a fajlagos üzemanyag-fogyasztás?
- Mennyi hő távozik óránként a hűtővízzel, ill. az égéstermékekkel?



89. ábra

225. példa

Egy 22 kW-os mellékáramkörű motorral hajtott gépcsoport fordulatszáma 1200/min. Az indítás szakaszában az üzemi nyomaték megegyező nagyságú- gyakorlatilag állandó- nyomaték gyorsít. A felgyorsítandó forgó tömegek tehetetlenségi nyomatéka 2 kg.m². Mennyi idő alatt gyorsul föl a gépcsoport az üzemi fordulatszámra?

K i d o l g o z á s :

$$P_1 = 22 \text{ kW}$$

$$n = 1200/\text{min}$$

$$\Theta = 2 \text{ kg.m}^2$$

Számítsuk ki az üzemi szögsebességet!

$$\omega = \frac{2 \pi n}{60 \text{ s/min}} = \frac{2 \pi \cdot 1200 / \text{min}}{60 \text{ s/min}} = 125,6 \text{ rad/s}$$

A névleges hasznos teljesítmény (P_1) ismeretében az üzemi nyomaték is kiszámítható:

$$M_u = \frac{P_1}{\omega} = \frac{22\,000 \text{ W}}{125,6 \text{ rad/s}} = 175 \text{ N.m}$$

A gyorsítónyomaték, amely az összes indítónyomaték (M_1) és az üzemi nyomaték különbsége, ugyanekkora:

$$M_i - M_u = 175 \text{ N.m}$$

A szöggyorsulás az indítás szakaszában:

$$\epsilon = \frac{M_i - M_u}{\Theta} = \frac{175 \text{ N.m}}{2 \text{ kg.m}^2} = 87,5 \text{ rad/s}^2$$

Az indítás ideje így:

$$t = \frac{\omega}{\epsilon} = \frac{125,6 \text{ rad/s}}{87,5 \text{ rad/s}^2} = 1,4 \text{ s}$$

226. példa

Egy 22 kW-os mellékáramkörű motor üresjárási fordulatszáma 1250/min. Teljes terhelésnél a fordulatszám 4%-kal kevesebb. A kapocsfeszültség 220 V.

- Mennyi a motor üzemi fordulatszáma?
- Mekkora ekkor a szolgáltatott nyomaték?
- Mennyi az üzemi armatúraáram, ha a motor hatásfoka 88%?

227. példa

Határozza meg egy hatpólusú háromfázisú aszinkron motor 2% szliphez tartozó névleges fordulatszámát 60 Hz frekvenciájú hálózat esetén!

K i d o l g o z á s :

$$\begin{aligned} p &= 6 \\ f &= 60 \text{ Hz} \\ s &= 2\% \end{aligned}$$

Az amerikai földrészen találunk olyan váltóáramú hálózatot, amelyben a frekvencia 60 Hz. A többpólusú gép forgó mezejének fordulatszámát ekkor is az ismert összefüggés szerint számolhatjuk. A szinkron fordulatszám esetünkben:

$$n_o = \frac{f}{p/2} = \frac{60 \text{ Hz}}{6/2} = 20 / s = 1200 / \text{min}$$

A szlip:

$$s = \frac{n_o - n_u}{n_o}$$

így

$$n_u = n_o - s \cdot n_o = 1200 / \text{min} - 0,02 \cdot 1200 / \text{min} = 1200 / \text{min} - 24 / \text{min} = \mathbf{1176 / \text{min}}$$

228. példa

Egy 15 kW-os háromfázisú motor hatásfoka 87%, a teljesítménytényezője 0,85. Két fázis feszültségkülönbsége 400 V. Mekkora az egy fázisvezetékben folyó áram?

229. példa

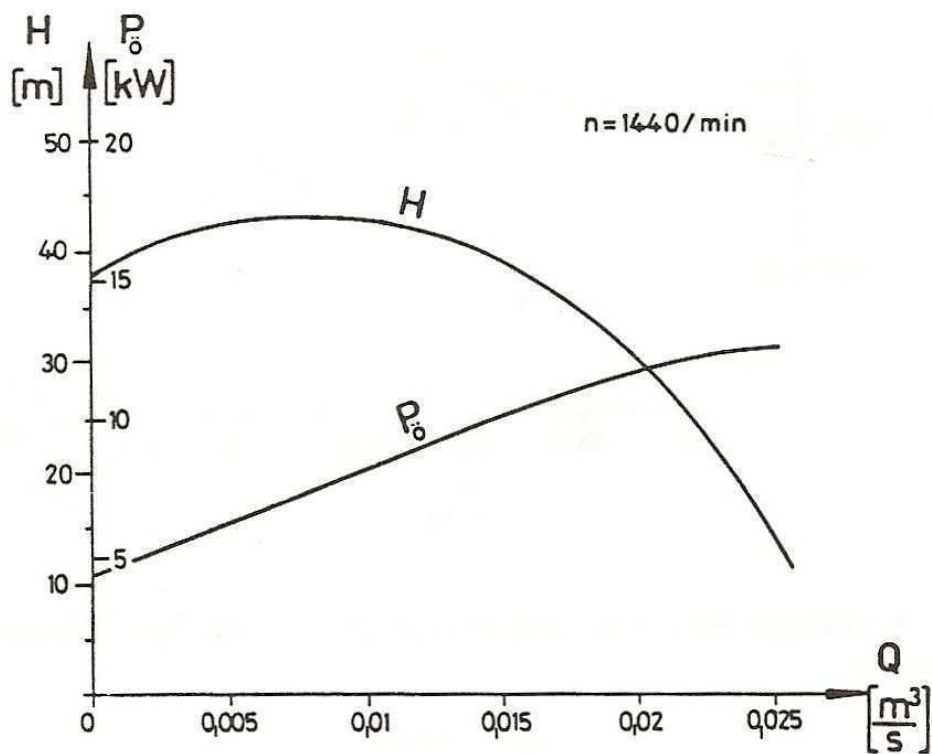
Egy 25 kW teljesítményű, négypólusú, háromfázisú szinkron motor szlipje 4%. A hálózati feszültség 3x380 V, a motor hatásfoka 87%, a teljesítménytényező 0,85. A billenőnyomaték az üzemi nyomaték kétszerese.

- a.) Mekkora a billenőnyomaték?
- b.) Mennyi a hálózati áramerősség?

VI. A GÉPCSOPORT ÜZEME

230. példa

A 90. ábrán egy háromfázisú aszinkron motorral hajtott örvényszivattyú gépcsoprot bevezetett teljesítmény (P_{δ}) és a szivattyú szállítómagasságának (H) görbét adjuk meg a szállított vízmennyiség (Q) függvényében. Az összhatásfok görbe megszerkesztésével állapítsa meg azt a vízszállítás tartományt, amelyben a gépcsoprot összhatásfoka nagyobb mint 50%!



90.ábra

231.példa

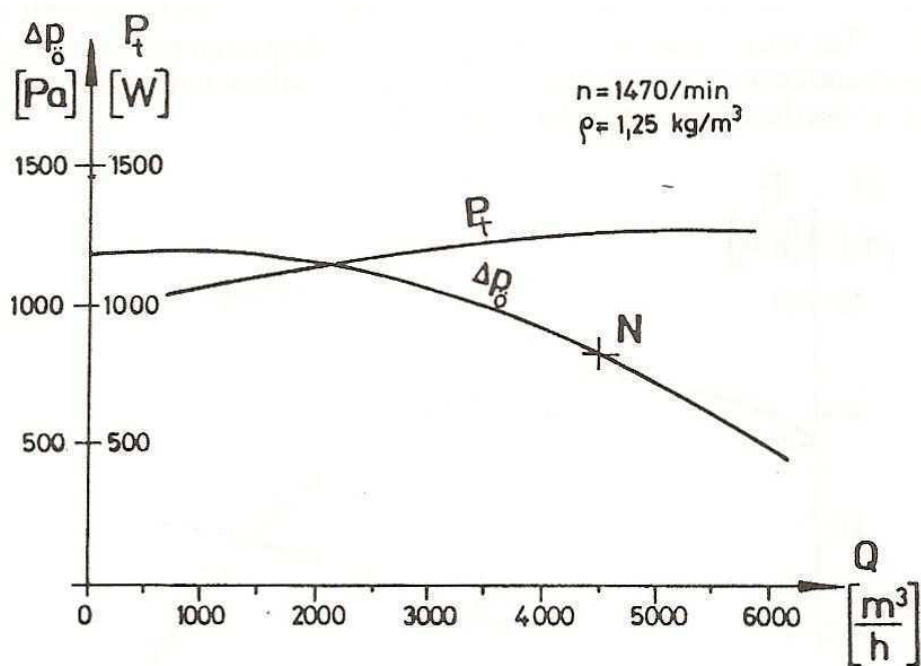
A 91. ábrán egy ventilátor össznyomásnövekedés (Δp_{δ}) és tengelyteljesítmény (P_t) görbét látjuk a szállított légmennyiség (Q) függvényében. Állapítsa meg a jelölt normál pont (N) szerint a névleges légszállítást és össznyomásnövekedést, a névleges pontban az üzemhez szükséges bevezetett teljesítményt és hatásfokot!

K i d o l g o z á s :

A diagramból való pontos kiolvasás céljából célszerű háromszög vonalzókkal az N pont helyét a koordinátatengelyekre vetíteni. Így a skálákon lehetséges leolvasási pontossággal megállapítható, hogy

$$Q_N = 4500 \text{ m}^3 / \text{h},$$

$$\Delta p_{oN} = 830 \text{ Pa}$$



91.ábra

A névleges bevezetett teljesítményt (P_{tN}) a névleges légszállításnál olvassuk le:

$$P_{tN} = 1260 \text{ W}$$

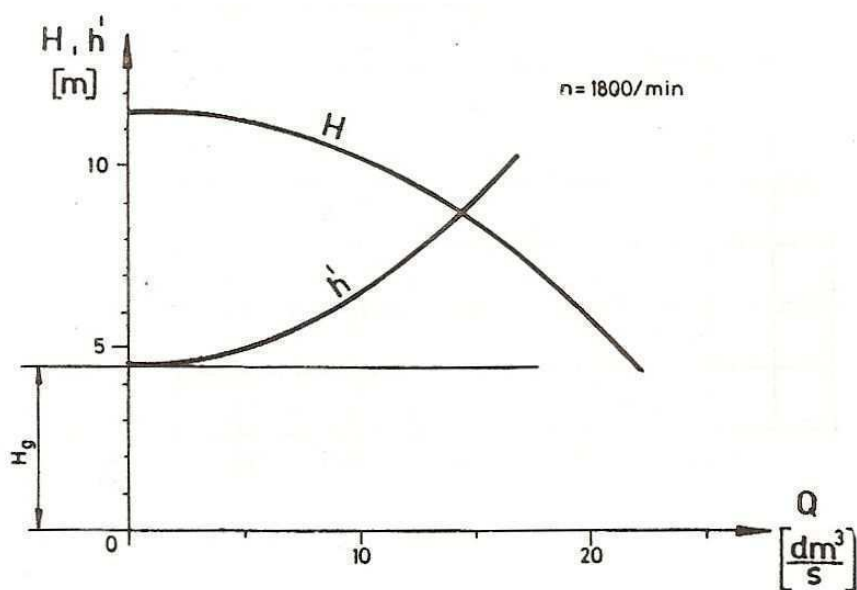
A névleges hatásfok számítható:

$$\eta_N = \frac{Q_N \cdot \Delta p_{oN}}{P_{tN}} = \frac{4500 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \cdot 830 \text{ Pa}}{1260 \text{ W}} = 82\%$$

232. példa

A 92. ábrán egy örvényszivattyú szállítómagasság görbáját (H) és a kapcsolódó csővezeték jelleggörbáját (h') adtuk meg a vízárám (Q) függvényében.

- Állapítsa meg a munkapont szerinti üzemállapotban dolgozó szivattyú hasznos teljesítményét!
- A hasznos teljesítmény hány százaléka szükséges a csővezeték súrlódási ellenállásának a legyőzésére?
- A szivattyú összhatásfoka a munkapont szerinti üzemállapotban 72%. Mekkora a szivattyút hajtó nyomaték?

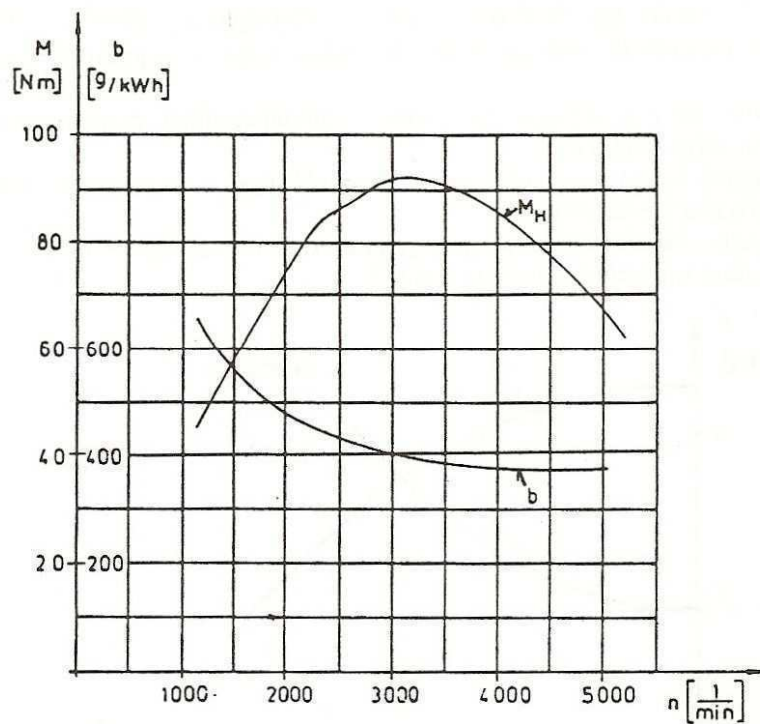


92. ábra

233. példa

Egy 3 hengeres kétütemű Otto-motor jelleggörbáját a 93. ábrán láthatjuk.

- Mekkora teljesítményt szolgáltat a motor 4250/min fordulatszámnál?
- Mennyi akkor a hatásfoka? Az üzemanyagul szolgáló keverék fűtőértéke 42 MJ/kg.
- Milyen sebességű haladást jelent ez az üzemállapot, ha a gépkocsiba épített motor 3,83-szoros áttételen keresztül hajtja a 600 mm átmérőjű kerekeket?
- Mennyi ennél a sebességnél a kocsi menetellenállása, ha a hajtás hatásfoka 0,96?

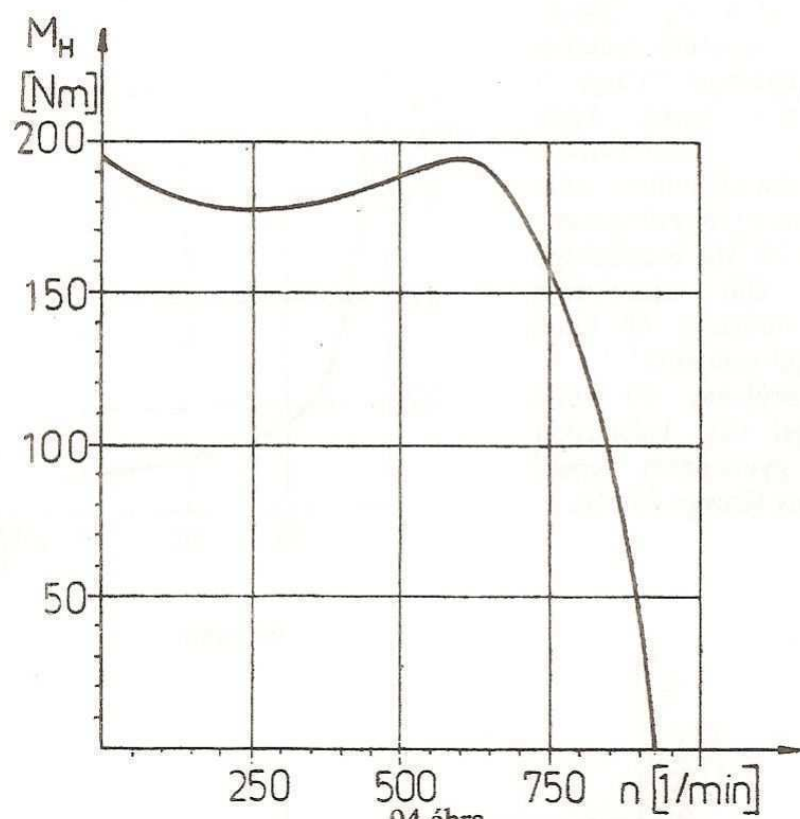


93. ábra
93. ábra

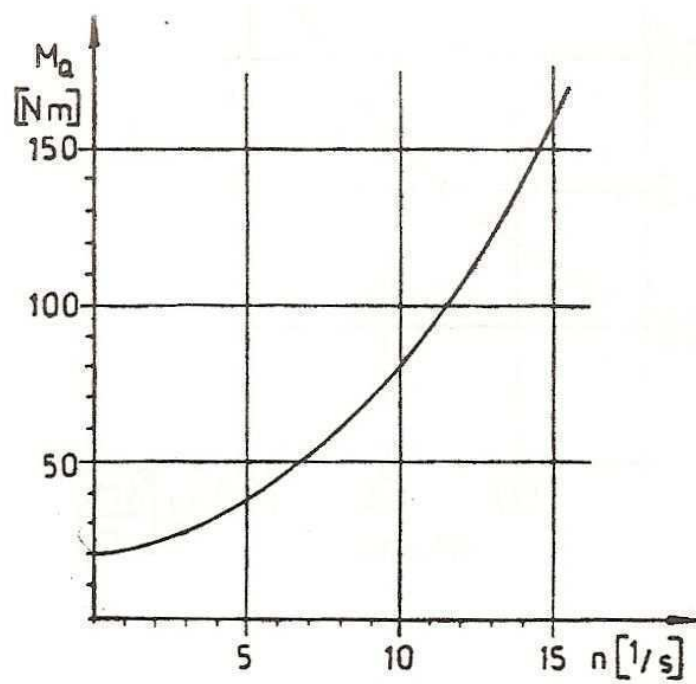
234. példa

A 94. ábra egy villamos motor, a 95. ábra pedig egy ventilátor jelleggörbéjét mutatja.

- Határozza meg a két gép összekapcsolásakor kialakuló munkapont jellemzőit!
- Ha rövid ideig tartó áramszünet miatt a gépcsoport fordulatszáma az üzeminek 80%-ára csökken, az áram újra bekapcsolásakor mekkora nyomaték gyorsítja a forgórészeket?
- Mekkora a $480 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ tehetetlenségi nyomatékú forgórészek szöggyorsulása az áramkimaradás utáni első pillanatban, és mekkora az álló helyzetből indítás első pillanatában?



94. ábra

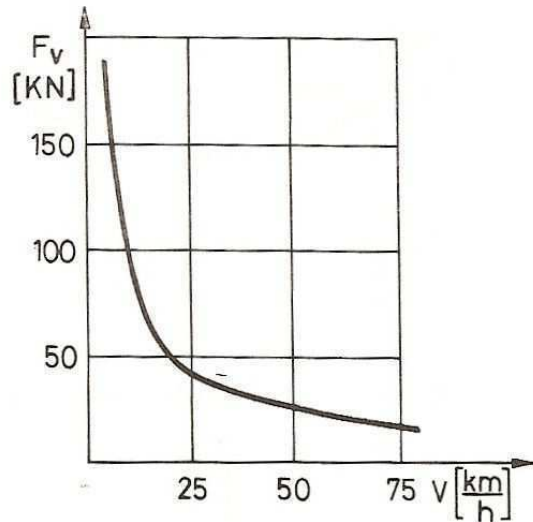


95. ábra

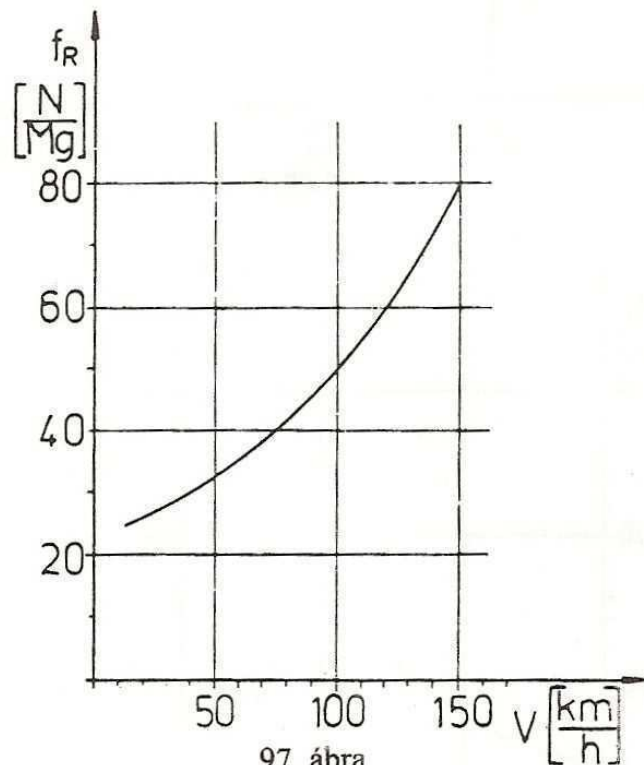
235. példa

A 96. ábra egy Diesel-mozdony vonóerő-vontatási sebesség jelleggörbáját mutatja. A 97. ábrán egy vasúti kocsi tömegegységre vonatkoztatott fajlagos vontatási ellenállása adott a haladási sebesség függvényében.

- Hány db 20 t össztömegű kocsiból álló szerelvényt képes a mozdony 60 km/h sebességgel vontatni?
- Ez a szerelvény 40 km/h sebességgel való haladáskor mekkora gyorsulásra képes? A mozdony tömege 60 Mg.



96. ábra



97. ábra

VII. EREDMÉNYTÁR

- | | |
|--|--|
| 1. a.) 0,143 mm/N
b) 14,4 cm | 13. a) 0,29 kg/kW.h
b) 12,46 MJ/kW.h
c) 28,9%; 22,5% |
| 2. a) 44,4 kN
b) 58,6 mm
c) 12,61 kJ | 14. 26%
3,85 |
| 3. 58,6 mm
12,14 kJ | 16. a) 25,7 %
b) 70,8 kg |
| 4. b) 26° | 17. 6,5° |
| 5. a) 129,5 N
b) 124,6 W | 18. 1213 N
nem |
| 6. 94 N | 20. 132 N
b) 198 N
c) 13 200 J; 17 140 J |
| 7. 100,15 kJ
67,8 kJ | 21. a) 53,5 km/h
b) 24 000 kJ |
| 8. 43 kW
1548 N | 22. a) 0,86°
b) 60,1 km/h
c) 129,4 km/h |
| 9. a) 250 kJ
b) 10,4 kW | 23. a) 638 N
b) 48,3 km/h |
| 10. a) 0,291 kg/kW.h
b) 12,2 MJ/kW.h
c) 29,5 % | 26. a) 80 k.N
b) 40 kW
c) 32,0 MJ |
| 11. a) 0,324 kg/kW.h
14,9 MJ/kW.h
b) 24,1 % | 27. a) 1,96 m/s; 1,05 m/s
b) 196 N.m
c) 18,4 MJ |
| 12. a) 12,4 MJ/kW.h
b) 11,9 MJ/kW.h
c) 30,2 %
d) 29 % | |

28. a) 379/min; 39,7 rad/s
b) 710 N.m
c) 28,2 kW
d) 564 kJ
29. a) $32 \text{ mm} < d < 40 \text{ mm}$
b) 2223 N
30. 6 N.m
31. 62,4 kN.m
1,09 MW
33. 324 N
34. a) 350 N.m
b) 79,5/min
c) 5,83 kW
35. 5,89 kN.m
14,3/min
8,83 kW
36. 496,4 N
1985,6 W
0,988
37. a) 2,5 m/s
b) 11,75 kN
c) 11,75 kN
d) 58,8 kW
38. a) 621 mm
b) 5,85 m/s; 97%
c) 2,134 kW; 113,2 N.m
d) 178,1 1/min
39. a) 392,4 mm
b) 761 mm
c) 177,6 N.m
41. a) 7,62 cm
b) 124,7 N
c) 207,8 N
42. 24,9 W
43. a) 25
b) 25
c) 7,54 kW
44. 1515 N
46. 20,6 kg
47. a) 24 N.m
b) 4,65 kW
c) 0,682 N.m
49. a) 0,8 kW; 0,4 kW
50. 6,9 kW
13,1 kW
52. a) 1308 kg > 1000 kg,
nem felel meg.
b) 12,06 MJ/kW.h
53. a) 72,9 %
b) 19,68 MW; 20,5 MW
55. a) 2,12 kW
b) 95,2%
56. a) $P_{v0} = 1,69 \text{ kW}$; $P_{vx1} = 3,9 \text{ kW}$
b) 0,658
57. a) 7,42 kW
59. a) 61%
b) 89,3%
60. 26,8 kW; 88,2 %

62. b) 0,9 kW
63. 90%
65. a) 0,838
b) 76%
66. a) 0,54
b) 26,25%
67. a) 13,13 min
b) 80%
68. a) 78,75%
b) 29,5%
69. a) 76,7%
b) 62,5%
c) 68,5%
70. 5180 db/év
72. a) 13,9 kg/h
b) 33,9 Ft/h
c) 41,9 Ft/h
d) 8,0 Ft/h
73. a) 7,47 év
74. 2,78 év
75. a) 2500 kg/év
b) 1050 kg/év
76. a) 1800 t/év
b) 48%/év
77. a) 62,5 MJ
b) 45,8 kN
79. a) 9,77 kJ
b) 391 kN
c) 0,362
80. a) 8,5 m
b) 2
81. 25,5 m
1962 N
83. a) 1910 N; 670 N
c) 34,5 m
84. a) 15,8 m/s; 16,7 m/s
b) 42,6 m
85. a) 1,10 m/s²
b) 10,73 m/s
c) 53,3 m
86. a) 5,89 m/s²
b) 4,47 m/s²
c) 15,8°
87. b) 63,6 kW
c) 270 kJ
88. a) 282 N.m
b) 8,7 min
c) 1303
89. a) 11,9 s
b) 489 kJ
c) 165 N.m
90. a) 2,35 rad/s²
b) 33,4 s
c) 156; 52
91. a) 35,1 min
b) 4,1 min
92. a) 376 N.m; 141 N.m; 63 N.m
b) 54,1; 54,1; 15,1

93. 153 s
94. a) 3,2 N.m
b) 39,1 N.m
c) 4,65 min
95. 83,8 N.m
96. 0,222 J
97. 1,11 J
99. 2,6 kJ
101. 22 N.m
102. a) 0,470 J
b) 0,353 J
c) A karika. 1,33
103. 73 s
104. a) 216/min
b) 2,30 m
c) 510 kJ
105. a) 94,2 N.m
b) 94,2 N.m
106. 1,62 N
107. a) 3635 m/s²
b) 9,1 N
108. b) 14,9°
c) 57,55° csökken.
110. a) 662 N
b) 8940
111. 562,5 N
113. b) 127,5 N.m
114. b) 14,0 s
c) 717 N.m; 0,0593
115. a) 1403 s
b) 5,78 kW
116. 806 N
118. a) 0,37 m/s; 2,37 m/s²
b) 0,24 m/s
119. a) 1,125 Hz
b) 225 N
c) 1,027 m/s
120. a) 2,9 m/s
b) 0,655 m; - 22,65 m/s²
121. a) 1,194/s; 0,683/s
b) 11,25 m/s²; 6,43 m/s²
c) 0,955 m/s
122. 0,5000 s
123. igen, 0,000675 m³/s
igen, 0,000675 m³/s
124. a) 0,409 m/s
b) 6,33 m/s²; 3,29 m/s²
125. a) 25,13 kN
b) 25,52 kN; 4,42 kN
c) 23,97 kN; 8,74 kN
127. a) 218 mm
b) 2,14 kPa
128. 78,6 kPa
129. a) 131,8 kPa
b) 135,2 kPa

131. a) 14,95 kPa
b) 112 mm
132. a) 62,6 kPa
b) 602 mm
133. a) 750 mm
b) 14,7 %
c) 100%
134. a) 94,7 kPa
b) 0,94 N
136. 2,92 m
137. a) 45 kN
b) 0,1 mm
138. 6040 kg
139. 58,4 kPa
140. a) 89 mm
b) 2,4 N
141. a.) 15,5 kN lefelé
b) $\frac{D^2}{d^2} = \frac{h}{m} + 1$
142. 212 kPa
144. a) 114,8 kN
b) 0,332 kN
c) 1,070 MN
d) 0,955 MN
145. a) 57,9 N
b) 86,7 N
c) 395 N
d) 308 N
146. a) 84,955 N
b) 0; 84,955 N
c) 1000 kg/m³
148. $\sqrt{2}$
149. 1,61 m
152. a) 156 dm³/s
b) 35,3 kPa
c) 2,97 m/s
153. a) 1,27 m
b) 4,9 kPa; 17,4 kPa
c) 7,36 kPa; 19,86 kPa
155. a) 10,85 m/s
b) 6,03 m/s
c) 8,68 m/s
d) 4,34 m/s
156. 17,9 dm³/s
157. a) 20 m/s
b) 20,4 m
158. a) 1,6 kPa
b) 0,023
159. a) 15,5 kPa
b) 6,5 mm
160. a) 3,84 m/s
b) 79 mm
162. a) 88,5 kPa
b) 87,9 kPa
163. a) 110,9 kPa
b) 121,6 kPa

165. a) $\frac{h_d}{h_D} = 2$
b) $\frac{Q_d}{Q_D} = \frac{1}{4}$
c) $\frac{W_d}{W_D} = \frac{1}{2}$
166. 0,54 m
168. a) 9,3 m/s
b) 164 dm³/s
170. 394 kJ/kg
393,55 kJ/kg
287,17 kJ/kg
171. 225 kJ
52,0 kJ
173 kJ
173. 6000 MJ
23 000 MJ
175. a) 15,28 m/s
b) 458 N
176. a) 10,36 m/s
b) 0,357
177. 45°
256 N
178. a) 384,7 N
b) 785 N
179. 19,9 m/s²
180. a) 6125 Pa
b) 10,2 %
182. a) 0,178 m/s
b) 42,35
c) 536 000 kJ
184. a) 1545 W
b) 2903 W
185. 7,634 dm³
186. a) 37,5 dm³/s; 11,9 dm³/s
187. b) 2; 2
188. a) 34 dm³/s
b) 16,9 m
189. a) 650 J; 3450 J
b) 19 m
c) 5,47 kW
190. a) 1,87 m/s; 1,19 m/s
b) 20,6 dm³/s; 48,2 m
191. a) 0,816 m/s; 0,52 m/s
b) 2,48 dm³/s
c) 1,12 kW
193. b) 60,1 dm³/s
c) 42,6 kW
195. 4120 W
5296 W
196. b) 24 l/s
23 m
197. a) 7500 Pa
b) 105,5 kPa
200. igen

201. a) 20,8 kW
b) 12,48 kN.m
202. a) 20,7 N.m; 542 W
b) 5,97/s; 596 W
203. a.) 19,1/min
b) 85,4 kW
204. a) 1,127 m
b) 54,44 MW
c) 0,84
d) 0,742
205. a) 182,7 kW
b) 154,9 kW
207. 18,47 MJ/kW.h; 0,195
5,13
208. a) 30,64 MW
b) 0,785
c) 3149 kJ/kg
23,1 %
209. a) 180 t/h
b) 36,3 t/h
d) 25%
210. a) 77,6%
b) 8000 m²
212. a) 630 kg/h
b) 4,54 m³
213. 79,6%
214. a) 800 kg/h
b) 3,75 kg.gőz/kg.szén
215. a) 10,5 kg/kW.h
b) 85,7%
216. a) 523 kJ/kg
b) 8600 kg/h
217. a) 65,0%
b) 70,6%; 391 kW
c) 8,95 kg/kW.h
218. 9970 kg/h
219. a) 4020 J
b) 478 kW
220. a.) 85 mm; 77 mm
b) 8,11 bar
221. b) 21,85 kg
222. a) 12,7 bar
b) 14,84 m/s
223. a) 222J
b) 78%
c) 5,24 bar
224. a) 40,5 kW
b) 49,8 kW
c) 0,32 kg/kW.h
d) 196 MJ/h; 185 MJ/h
226. a) 1200/min
b) 175 N.m
c) 113,6 A
228. 30,8 A
229. a) 331,6 N.m
b) 51,4 A
230. (0,01-0,02) m³/s

233. a) 36,7 kW
b) 22,9 %
c) 125,5 km/h
d) 1010 N
234. a) 800/min; 130 N.m
stabilis
b) 102 N.m
c) 0,213 rad/s²
0,363 rad/s²
235. a) 31
b) 0,01676 m/s²

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó.....	3
Bevezetés	4
I. A gépek egyenletes üzeme.....	19
II. A gépek változó sebességû üzeme.....	57
III. Energiaátvitel folyadékokban.....	79
IV. A munkagépek néhány típusa	111
V. Az erőgépek alapvető típusai	123
VI. A gépcsoport üzeme.....	133
VII. Eredménytár.....	139

