

Általános mérnöki ismeretek

3. gyakorlat

A mechanikai munka, a teljesítmény, az energiakonverzió és a hőtan fogalmával kapcsolatos számítási példák gyakorlása

1. példa

Egy (felsőgépházás) felvonó járószékének tömege 1600 kg, teherbírása 4000 N.

Az alkalmazott ellensúly a járószék súlyán kívül a maximális hasznos teher felét is kiegyensúlyozza.

Határozzuk meg az egyenletes sebesség teheremelés teljesítmény-szükségletét és a felvonó-berendezés teljes hatásfokát, ha feltételezzük, hogy

- a teheremelés sebessége 0,6 m/sec,
- a súrlódási veszteségek és a kötél merevségének leküzdéséhez rendelt hatásfok 45%,
- a motor és a kötéldob közé épített lassító áttétel hatásfoka 65%,
- a villamos motor hatásfoka 80%.

A kötéldob kerületén a súrlódási erőket figyelmen kívül hagyva, mivel ezeket majd egy speciális hatásfokkal vesszük számításba, a terhelt járószerék súlyának és az ellensúlynak a különbsége hat, ami:

$$F_k = (G_{jsz} + G_r) - G_e = (16000 + 4000) - 18000 = 2000 \text{ N} .$$

$F_k = \text{kötélerő}$, $G_r = \text{maximális terhelés}$,

$G_{jsz} = \text{járószerék súlya}$, $G_e = \text{ellensúly}$

A súrlódás nélkül számított, tehát a hasznos teljesítmény:

$$P_h = F_k \cdot v_e = 2000 \cdot 0,6 = 1200 \text{ W} .$$

A dob tengelyén ennél nagyobb teljesítmény szükséges hiszen le kell küzdeni a két aknában jelentkező súrlódást és a kötélmerevségét is:

$$P_{dob} = P_h / \eta_{dob} = 1,2 \text{ kW} / 0,45 = 2,7 \text{ kW} .$$

A motor tengelyén még nagyobb teljesítmény szükséges, hiszen a mechanikai áttételveszteségeit is fedezni kell:

$$P_{motor} = P_{dob} / \eta_{\text{áttétel}} = 2,7 \text{ kW} / 0,65 = 4,15 \text{ kW}$$

Végül a motor veszteségei miatt a hálózathoz a felvonó hajtásához felvett összes teljesítmény:

$$P_{\text{összes}} = P_{motor} / \eta_{motor} = 4,15 \text{ kW} / 0,80 = 5,2 \text{ kW}$$

Ezekkel a felvonó, mint berendezés összhatásfoka:

$$\eta_{\text{felvonó}} = P_{\text{hasznos}} / P_{\text{összes}} = 1,2 \text{ kW} / 5,2 \text{ kW} = 0,231 \Rightarrow 23,1\%$$

Ehhez az eredményhez eljuthattunk volna a részhatásfokok összesorzásával is, mivel a rendszer sorba kapcsolt típusú:

$$\eta_{\text{felvonó}} = \eta_{\text{dob}} * \eta_{\text{áttétel}} * \eta_{\text{motor}} = 0,45 * 0,65 * 0,80 = 0,234 \Rightarrow 23,4\%$$

Természetesen a második eredmény a "pontos", amitől az első eltérése a számítások során tett többszöri kerekítés következménye.

2. példa

Egy 25° -os lejtésű kétvágányú siklón felfelé irányuló anyagszállítás folyik. Az 500 kg tömegű csillébe 1000 kg tömegű zúzott kő rakható be.

Határozzuk meg a 650 mm külső átmérőjű kötéldob és az 1500 ford/min fordulatszámú villamosmotor közé beépítendő fogaskerék-hajtómű áttételét valamint a villamosmotor szükséges teljesítményét, ha tudjuk, hogy

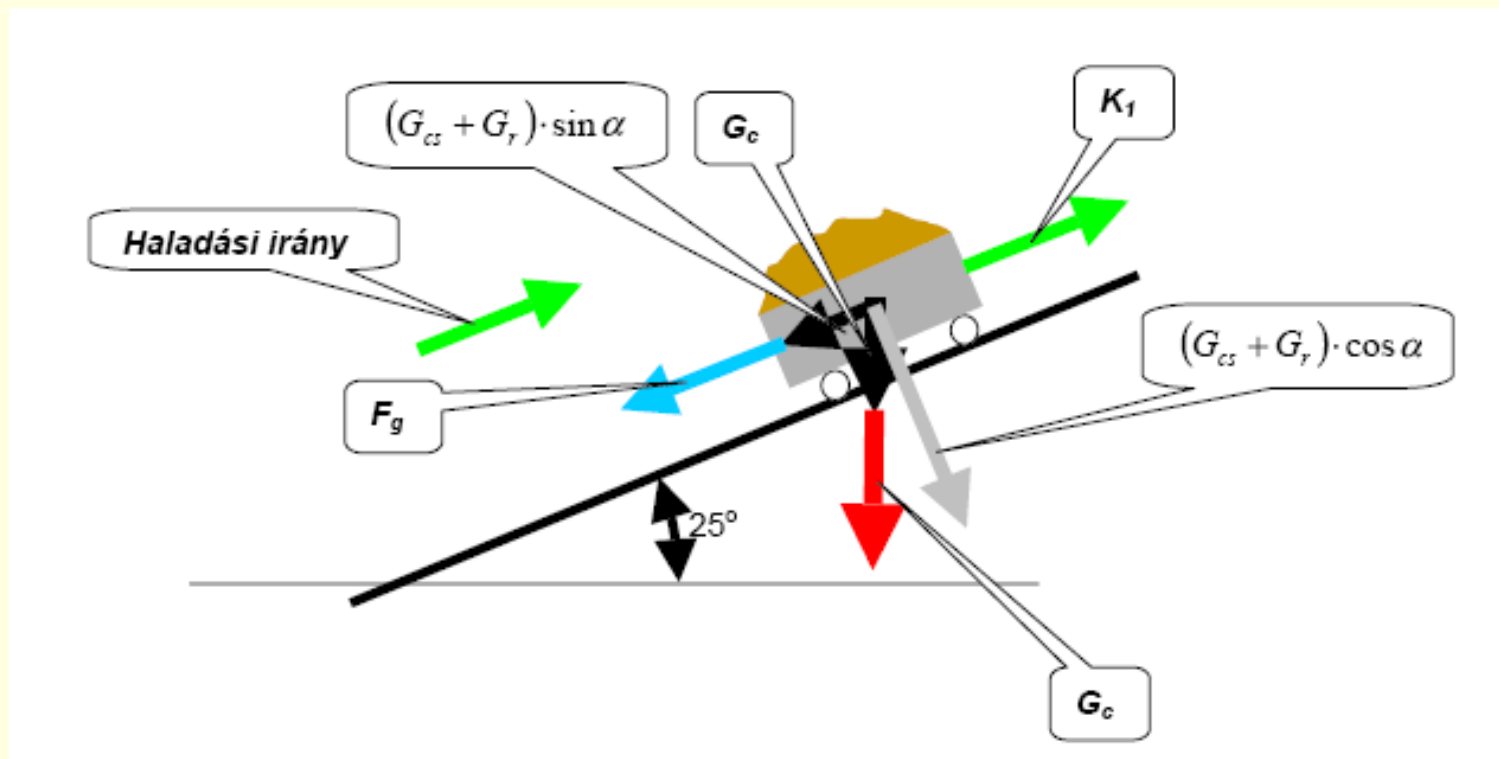
- a csillék haladási sebessége 50 m/min,
- a gördülési ellenállás értéke 0,02,
- a kötéldobnál 85 %-os, a hajtóműnél 60 %-os a villamosmotornál pedig 80 %-os hatásfokkal kell számolnunk.

Rajzoljuk fel az energiafolyam ábrát a veszteségek szemléltetésére!

Megoldás

2. példa

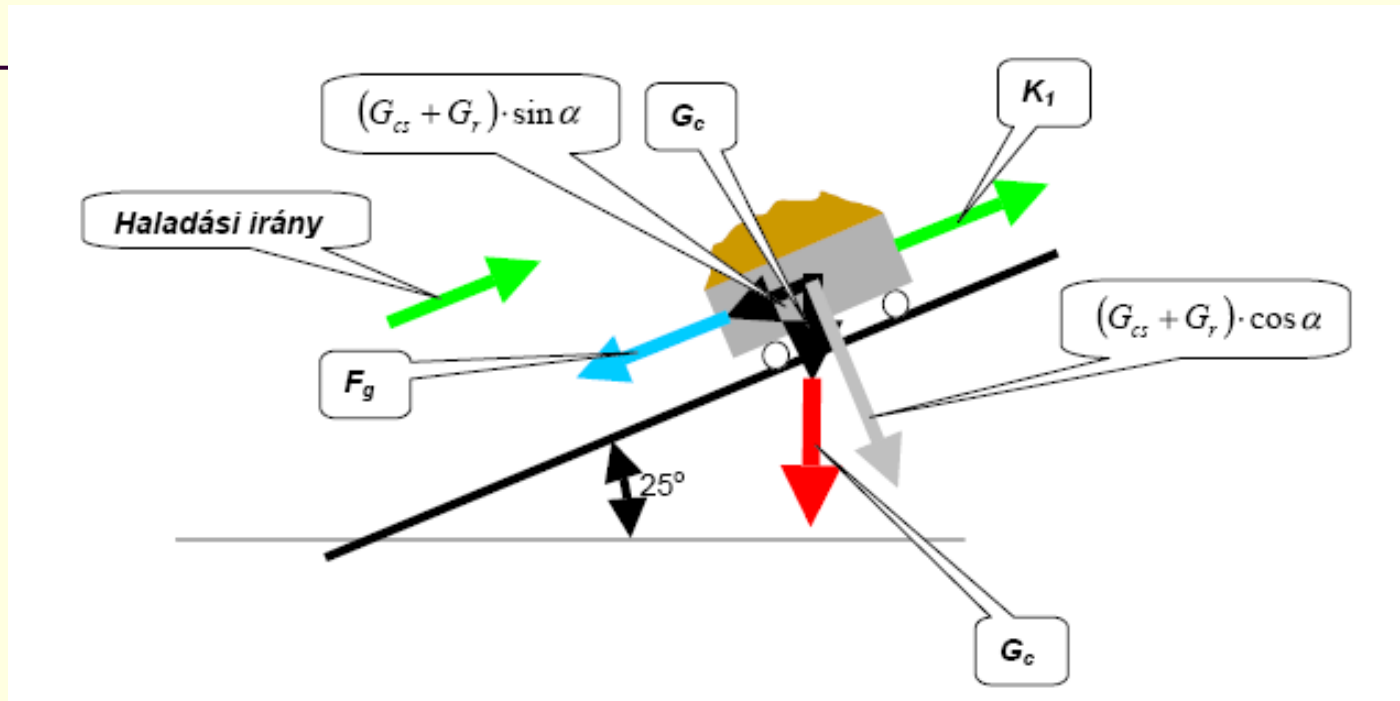
A lejtőn felfelé haladó megrakott kocsis erőjátéka az alábbi ábrán látható:



A G_c csille súlyát jelentő erőt felbonthatjuk egy kötélirányú és egy lejtőre merőleges erő vektorra.

Megoldás

2. példa



Az ábra jelöléseit alkalmazva a K_1 kötélrő ellen a csille és a teher súlyának lejtő irányú összetevője és a gördülési ellenállás hat:

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

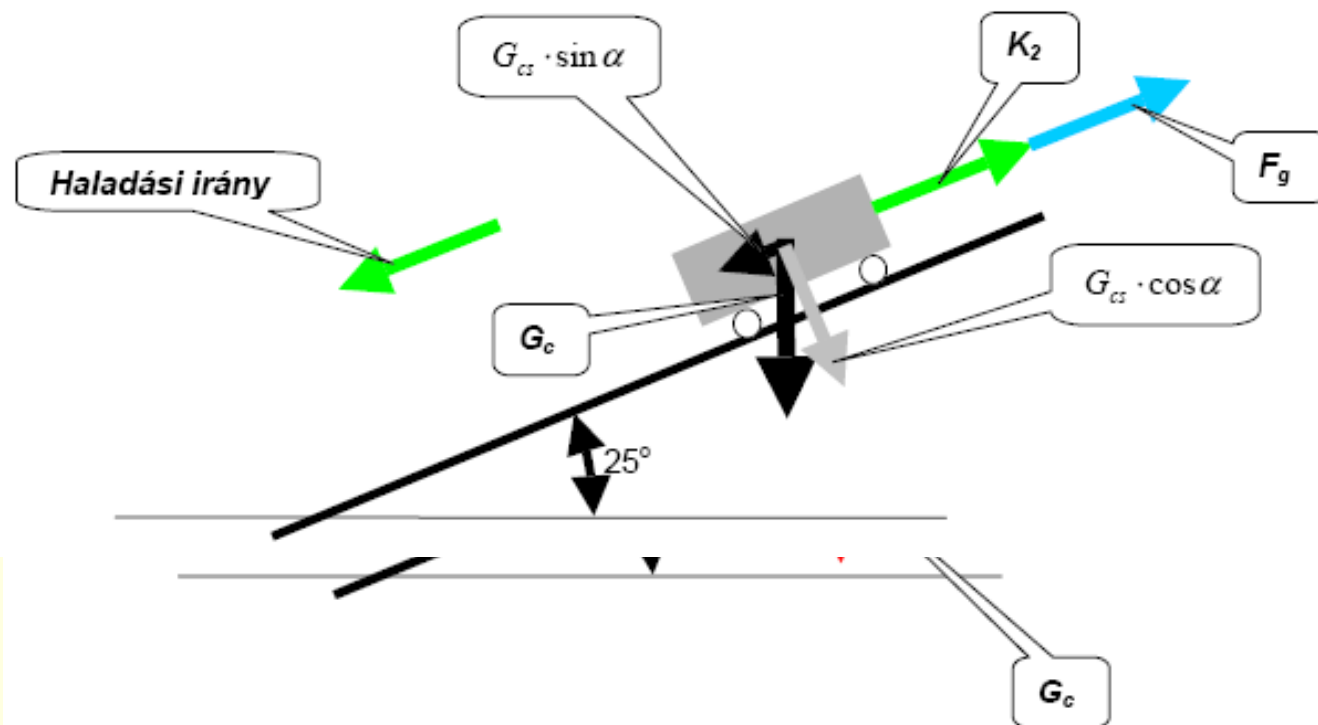
$$K_1 = (G_{cs} + G_{teher}) \cdot (\sin \alpha + \mu_g \cdot \cos \alpha)$$

$$K_1 = (500 \text{ kg} + 1000 \text{ kg}) \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 (\sin 25^\circ + 0,02 \cdot \cos 25^\circ) = \mathbf{6611 \text{ N}}$$

Megoldás

2. példa

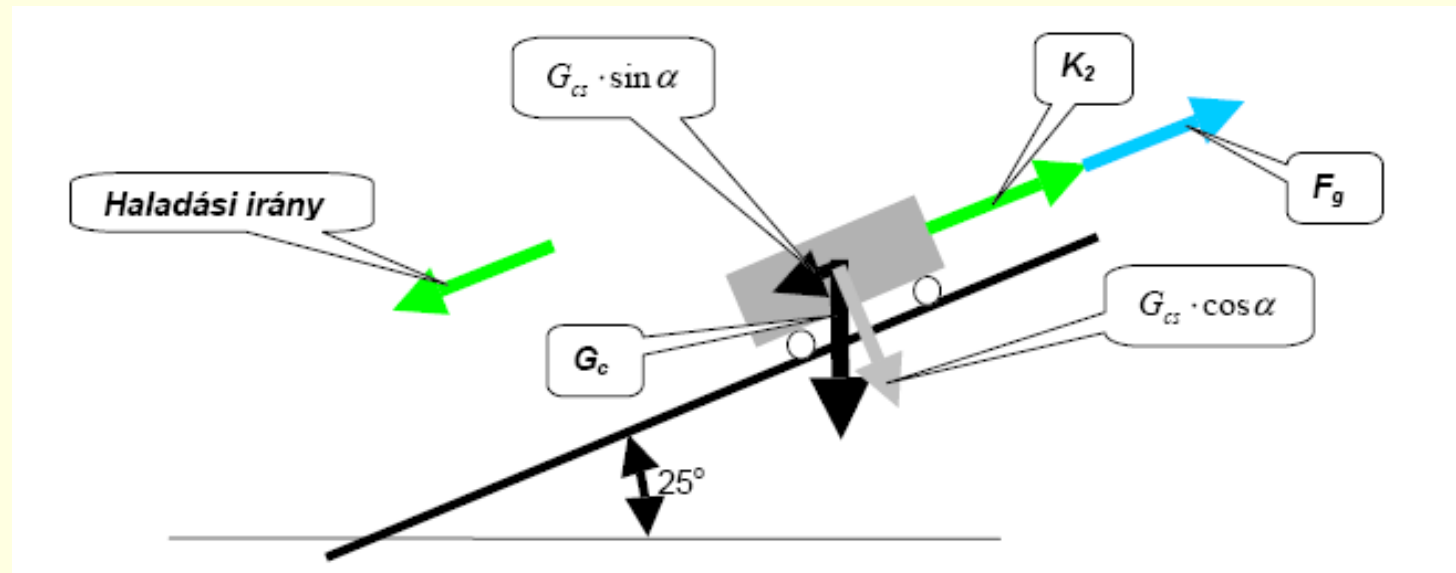
A lejtőn lefelé haladó terheletlen csille erőjátéka az alábbi ábrán látható:



A G_c csille súlyát jelentő erőt ismét felbonthatjuk egy kötélirányú és egy lejtőre merőleges erő vektorra. Ebben az esetben a gördülési ellenállás A kötel „segítségére” van.

Megoldás

2. példa



Az ábra jelöléseit alkalmazva a K_2 kötél erő ellen a csille súlyának lejtő irányú összetevője hat, míg a gördülési ellenállás segíti:

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

$$K_1 = G_{cs} \cdot (\sin \alpha - \mu_g \cdot \cos \alpha)$$

$$K_1 = 500 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 (\sin 25^\circ + 0,02 \cdot \cos 25^\circ) = \mathbf{2022 \text{ N}}$$

A dob kerületén a két kötél erő különbségeként megjelenő kerületi erő "végez munkát":

$$F_k = K_1 - K_2 = 6611 \text{ N} - 2022 \text{ N} = 4589 \text{ N}$$

A dob tengelyét terhelő nyomaték:

$$M_{dob} = F_k \cdot d/2 = 4598 \text{ N} \cdot 065/2 \text{ m} = 1491 \text{ Nm}$$

Ellenőrizze az eredmény helyességét!

A dob szögsebessége: $\omega = v \cdot r$

$$\omega_{dob} = v / (d/2) = (50 \text{ m/perc} / 60 \text{ perc/s}) / (0,65 \text{ m} / 2) = 2,7 \text{ rad/s}$$

A dob fordulatszáma: $n = \omega / 2 \pi$

$$n = (60 \text{ s/perc} \cdot \omega_{dob}) / 2 \pi = (60 \text{ s/perc} \cdot 2,7 \text{ rad/s}) / 2 \pi = \mathbf{26}$$

A hajtómű szükséges áttétele: $i = n_{motor} / n_{dob} = 1500 / 26 = \mathbf{58}$

A hasznos teljesítmény:

$$P_h = M_{dob} \cdot \omega_{dob} = 1491 \text{ Nm} \cdot 2,7 \cdot 1/\text{s} = \underline{4026 \text{ W}}$$

A dob tengelyén szükséges teljesítmény:

$$P_{dob} = M_{dob} \cdot \omega_{dob} / \eta_{dob} = (1491 \text{ Nm} \cdot 2,7 \cdot 1/\text{s}) / 0,85 = \underline{4736 \text{ W}}$$

A hajtómű behajtó tengelyén szükséges teljesítmény:

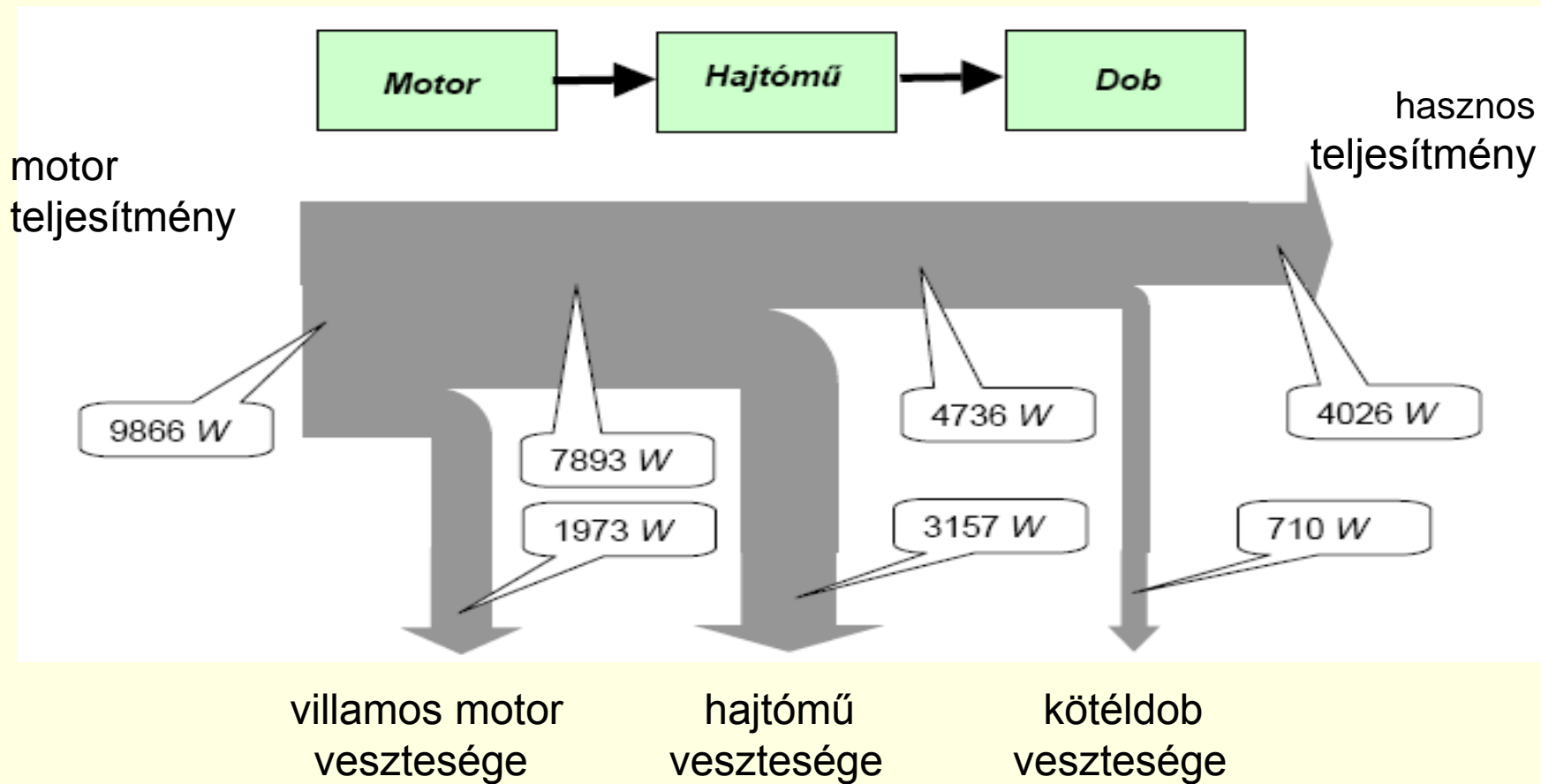
$$P_{hajtómű} = P_{dob} / \eta_{hajtómű} = 4736 \text{ W} / 0,6 = \underline{7893 \text{ W}}$$

A hajtómű behajtó tengelyén szükséges teljesítmény:

$$P_{motor} = P_{hajtómű} / \eta_{motor} = 7893 \text{ W} / 0,8 = \underline{9866 \text{ W}}$$

Megoldás

2. példa



3. példa

Számítsa ki, hogy egy 120 kg tömeg , kétkerekű kézikocsit 4%-os, 0,028 ellenállás-tényezőjű lejtős úton mekkora erővel lehet feltolni, ha a tolóerő a lejtő síkjával 30° -os szöget zár be!

Rajzolja fel vektoros ábrán az erőegyensúlyt!

Vegye figyelembe, hogy a a kocsit toló erő lejtő irányú összetevője tart egyensúlyt, a súrlódási ellenállással, ami a kocsi súlyából és a tolóerő lejtőre merőleges összetevőjéből származik, továbbá a kocsi súlyának lejtővel párhuzamos összetevőjével.

A lejtő menti erőjáték felvázolása után az egyensúly a következők szerint fejezhető ki:

$$F \cdot \cos 30^\circ = \mu \cdot (G \cos \alpha + F \sin 30^\circ) + G \sin \alpha$$

Az összefüggésben α a lejtő hajlásszöge a vízszinteshez.

Ebből a tolóerő kb. **96 N**.

4. példa

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

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

- Fajlagos fogyasztás: teljesítményegységre vonatkoztatott időegységenkénti tüzelőanyag fogyasztás.

$$b = \frac{\dot{m}_{\ddot{u}a}}{P_h} = \frac{m \cdot t}{t \cdot P_h} = \frac{8 \left[\frac{kg}{100 km} \right]}{\frac{100}{80} \left[\frac{h}{100 km} \right] \cdot 22 [kW]} = 0,291 \left[\frac{kg}{kWh} \right]$$

- A definícióban rögzített összefüggést az idővel bővítjük (tört számlálóját és nevezőjét), akkor a számlálóban szereplő $m \cdot t$ érték adott, a nevezőbe pedig beírhatjuk a 100 km út megtételének az idejét. Egyszerűsítésekkel számítható az eredmény.

- A fajlagos hőfogyasztás a fajlagos fogyasztásból (b) a H fűtőérték ismeretében kiszámítható (3,6 MJ = 1 kWh):

$$q = b \cdot H = 0,291 \left[\frac{\text{kg}}{\text{kWh}} \right] \cdot 42 \left[\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right] = 12,222 \left[\frac{\text{MJ}}{\text{kWh}} \right] = 3,395 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kJ}} \right]$$

- Az η hatásfok és a q fajlagos hőfogyasztás egymás reciprokai, tehát:

$$\eta = \frac{1}{q} = \frac{1}{3,395} = 0,29$$

5. példa

Egy gépcsoport 80 százalékos hatásfokú villamos motorból,
95 százalékos hatásfokú hajtóműből, és
72 százalékos hatásfokú szállítógépből áll.

Mekkora a gépcsoport hatásfoka ?

MEGOLDÁS: $\eta = \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 = \underline{0,547} \quad \underline{54,7\%}$

6. példa

Számítsa ki a terhelési tényezőjét annak a $P = 12$ kW -os villamos motornak, amelyik $n=1440$ 1/min fordulatszám mellett 66 Nm forgatónyomatékot szolgáltat!

Megoldás

$$n = 1440 \text{ 1/min} = 24 \text{ 1/s}$$

$$P_1 = M \cdot \omega = M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n = 66 \text{ Nm} \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 24 \text{ 1/s} = 9\,948 \text{ W}$$

$$P_1 = 9,95 \text{ kW}$$

$$x = P_1 / P = 9,95 \text{ kW} / 12 \text{ kW} = 0,82896 \Rightarrow \mathbf{82,9\%}$$

7. példa

Egy gép hajtásához $M = 60 \text{ Nm}$ nyomaték szükséges
 $n = 1440 \text{ 1/min}$ fordulatszámon, míg a fellépő veszteség
 $P_V = 2 \text{ kW}$.

Mekkora ennek a gépnek a hatásfoka?

Megoldás

$$n = 1440 \text{ 1/min} = 24 \text{ 1/s}$$

$$P_{BE} = M \cdot \omega = M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n = 60 \text{ Nm} \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 24 \text{ 1/s} = 9\,043 \text{ W}$$

$$P_1 = 9,04 \text{ kW}$$

$$\eta = (P_{BE} - P_V) / P_{BE} = (9,04 - 2) \text{ kW} / 9,04 \text{ kW} = 0,77 \Rightarrow \mathbf{77\%}$$

8. példa

Egy családi ház fűtési hőteljesítmény igénye (hővesztesség):

$$Q' = 7,5 \text{ kW.}$$

- Számítsa ki a napi földgáz fogyasztást ($V_H=?$), ha a gáz fűtőértéke $H= 34 \text{ MJ/m}^3$ és a kazán hatásfoka $\eta = 0,80$!
- Mennyi a homlokzat átl. hőátbocsátási tényezője (k), ha a külső felület $A=200 \text{ m}^2$ és a hőfokkülönbség $\Delta t=35^\circ\text{C}$?

Megoldás $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ} \Rightarrow H = 9,4 \text{ kWh/m}^3 \quad t=24\text{h}$

$$Q = Q' \cdot t = 180 \text{ kWh}$$

$$Q_{BE} = H \cdot V_H = Q / \eta \Rightarrow V_H = Q / \eta / H$$

$$V_H = 180 \text{ kWh} / 0,8 / 9,4 \text{ kWh/m}^3 = \mathbf{23,8 \text{ m}^3}$$

$$Q' = k \cdot A \cdot \Delta T \Rightarrow k = Q' / A \cdot \Delta T = 7500 \text{ W} / 200 \text{ m}^2 / 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$k = \mathbf{1,071 \text{ W/(m}^2\text{ }^\circ\text{C)}}$$

9. példa

Egy szélerőműnél a szélturbina által a generátornak átadott teljesítmények a következők:

- $t_1 = 5$ órán keresztül $P_1 = 55$ kW,
- $t_2 = 5$ órán keresztül $P_2 = 60$ kW,
- $t_3 = 9$ órán keresztül $P_3 = 75$ kW.

Határozza meg

1. a napi energia termelést, ha a generátor hatásfoka $\eta = 85\%$,
2. az átlagos villamos teljesítményt,
3. A generátor átlagos terhelését százalékban, ha a névleges teljesítménye $P = 100$ kW.

A szélerőmű turbináin felvett teljesítmény:

$$E_{BE} = \Sigma(P_i \cdot t_i) = 1550 \text{ kWh}$$

1. A napi átlagos energiatermelés:

$$E_{KI} = \eta \cdot E_{BE} = \underline{1318 \text{ kWh}}$$

2. Az átlagos villamos teljesítmény:

$$P_{\text{ÁTL}} = E_{KI} / \Sigma t_i = \underline{54,9 \text{ kW}}$$

3. A generátor átlagos terhelése:

$$x = P_{\text{ÁTL}} / P = 0,55 \Rightarrow \underline{55\%}$$