

Zbirka zadataka iz predmeta "Transport u DI"

ŠUMARSKI FAKULTET

SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ZAVOD ZA PROCESNE TEHNIKE

ZBIRKA RIJEŠENIH ZADATAKA

iz predmeta

TRANSPORT U DI

Izradile:

Izv. prof. dr. sc. Ružica Beljo Lučić

doc.dr. sc. Ankica Čavlović

KAPACITET OKRETNE DIZALICE I RAZUPORNOG GRANIKA

Kapacitet transportnog sredstva s prekidnim (cikličkim) djelovanjem kao što su dizalice, viličari, industrijska vozila i sličnih imaju kapacitet:

$$Q = G \cdot n \text{ (kN/h, t/h, m}^3\text{/h)}$$

Gdje je:

Q – kapacitet transportnog sredstva iskazan težinski, maseno, volumno i sl. na sat

G – težina (masa, volumen...), kN, (kg, m³),

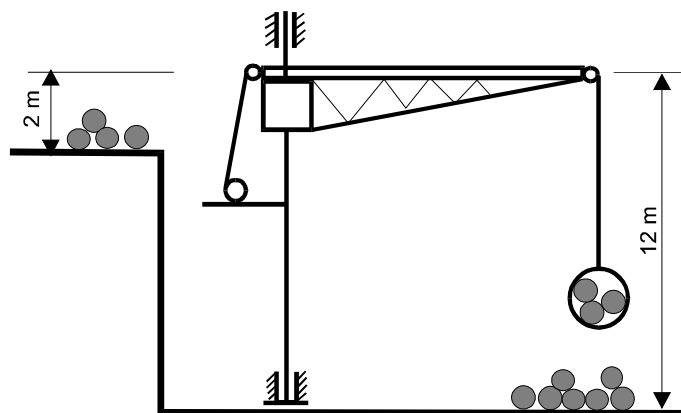
n – satni broj ciklusa, $n = 3600/t$; t – trajanje jednog ciklusa rada transportnog sredstva, s (sekunda).

Razuporni granici osnovni su transportni uređaji na stovarištima trupaca i piljene građe u drvenoj industriji. Nošeni su vlastitim stupovima na koje je oslonjena greda. Najčešće su izvedeni kao pokretni na tračnicama s upravljanjem iz kabine.

1. Okretna dizalica na skici služi za pretovar trupaca s jedne na drugu platformu visinske razlike 10 m, gdje se teret mora dići 12 m, a potom spustiti 2 m, te okrenuti 180°. Brzina dizanja 0,2 m/s; brzina zakretanja 120 °/min (2,09 rad/min). Brzina spuštanja jednaka je brzini dizanja. Ukupno vrijeme manipulacije oko prihvaćanja i otpuštanja tereta traje 4 min.

Traže se:

- vrijeme manipulacije jednog tereta, s ,
- broj radnih operacija tijekom smjene od 7,5 h,
- ukoliko se istovremeno dižu 2 trupca duljine 4,4 m te alternativnog promjera 40 i 60 cm, koliki je volumni kapacitet dizalice, m³/h,
- snaga dizanja ($\rho = 800 \text{ kg/m}^3$), kW,
- snaga pogonskog motora za dizanje ukoliko je u neopterećenom kretu ustanovljeno $P_o = 2 \text{ kW}$, kW.



Rješenje:

- (prihvat i otpuštanje) $t_1 = 4 \text{ min}$;

$$\text{(podizanje tereta)} \quad t_2 = \frac{t}{h} = \frac{12}{0,2} = 60 \text{ s};$$

$$\text{(okret)} \quad t_3 = \frac{s}{v} = \frac{180}{120} = 90 \text{ s};$$

$$\text{(spuštanje)} \quad t_4 = \frac{h}{v} = \frac{2}{0,2} = 10 \text{ s};$$

$$t_5 = t_1;$$

$$\text{(okret natrag)} \quad t_6 = t_3 = 90 \text{ s};$$

$$\text{(spuštanje)} \quad t_7 = \frac{h}{v} = \frac{10}{0,2} = 50 \text{ s};$$

$$\Sigma t = 540 \text{ s},$$

$$\text{b) } n = \frac{t_{\text{smjena}}}{\Sigma t} = \frac{7,5 \cdot 3600}{540} = 50 \text{ operacija};$$

$$\text{c) } V_{40} = 2 \cdot l \cdot \frac{d_1^2 \pi}{4} = 2 \cdot 4,4 \cdot \frac{0,4^2 \pi}{4} = 1,11 \text{ m}^3$$

$$V_{60} = 2 \cdot l \cdot \frac{d_2^2 \pi}{4} = 2 \cdot 4,4 \cdot \frac{0,6^2 \pi}{4} = 2,488 \text{ m}^3$$

$$Q_{40} = \frac{50V_1}{7,5} = \frac{50 \cdot 1,11}{7,5} = 7,37 \text{ m}^3/\text{h}$$

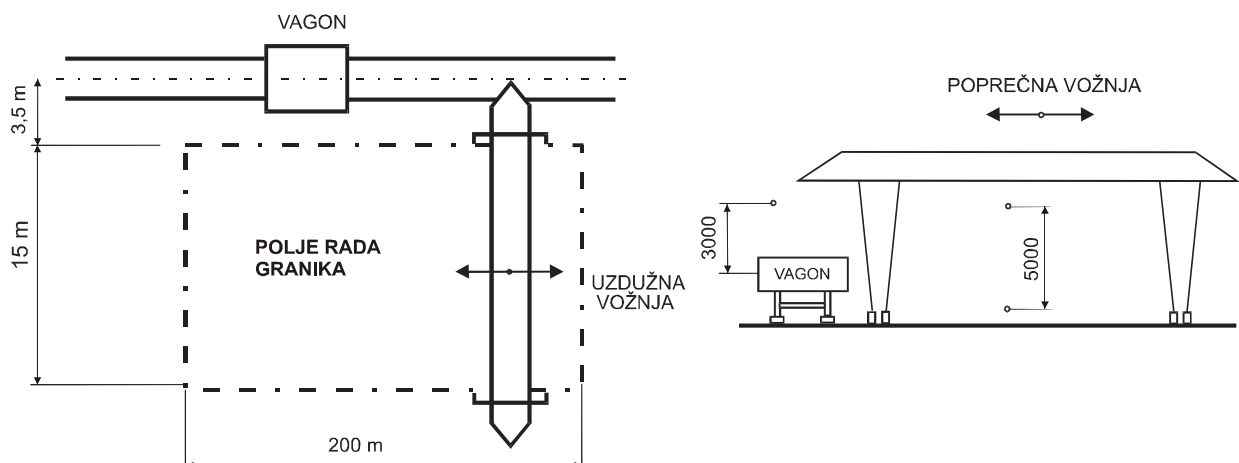
$$Q_{60} = \frac{50V_2}{7,5} = \frac{50 \cdot 2,488}{7,5} = 16,59 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{d) } P_{d40} = G \cdot v = \rho \cdot V \cdot g \cdot v = 800 \cdot 1,11 \cdot 9,81 \cdot 0,2 = 1,74 \text{ kW},$$

$$P_{d60} = G \cdot v = \rho \cdot V \cdot g \cdot v = 800 \cdot 2,488 \cdot 9,81 \cdot 0,2 = 3,91 \text{ kW},$$

$$\text{e) } P_{EM} = P_0 + P_d = 2 + 3,91 = 5,91 \text{ kW}.$$

2. Portalni granik prikazan je na shemi.



Brzina dizanja jednaka je brzini spuštanja i iznosi 0,2 m/s. Brzina poprečne vožnje 30 m/min. Brzina uzdužne vožnje 12 m/min; trajanje svakog kopčanja te otpuštanja tovara 60 s. Bukovi trupci su dimenzija $\phi d = 45$ cm, $l = 4,20$ m, sadržaj vode $u = 70\%$, koeficijent bubrenja $\alpha_v = 0,18$.

Traži se:

a) ukupno vrijeme trajanja jedne manipulacije (zanemariti ubrzanje i usporenje), s,

Napomena: kod poprečne vožnje težište se nalazi na polovini širine polja rada granika, a kod uzdužne vožnje na četvrtini duljine polja rada granika!

b) mogući broj operacija u slučaju neprekidnog rada tijekom 7,5 sati,

c) masa jednog trupca, ako je gustoća standardno suhog drva $\rho_o = 690$ kg/m³, kg, $\rho_v = \rho_o \frac{1+v}{1+\alpha_o}$,

d) dnevni kapacitet granika (m³ / 7,5 h; t / 7,5 h), ako se istovremeno istovaruje 4 trupca,

e) satni kapacitet granika (t/h; m³/h).

Rješenje:

a) $t = 744$ s, b) $n = 36,3$, c) $m_t = 664,02$ kg, d) $Q_m = 96,375$ t / 7,5 h, $Q_v = 96,965$ m³ / 7,5h,

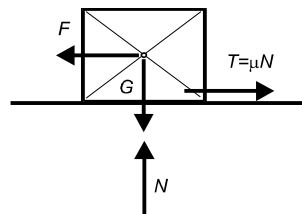
e) $Q_m = 12,85$ t/h, $Q_v = 12,93$ m³/h.

LANČANI TRANSPORTERI

Uzdužni i poprečni (povlačni) lančani konvejeri služe za transport trupaca sa stovarišta do ulaza u pilanu odnosno do kolica za prihvat i vožnju do pile trupčare. Lančanim povlačnim konvejerima materijal se transportira povlačenjem pomoću lanca pri čemu tvorevine kližu po transportnoj površini, ili ju nose usporedno postavljene lanci koji kližu po vodilicama. Pogon elektromotorom preko zupčaničnog reduktora vrši se pomoću pogonskog lančanika.

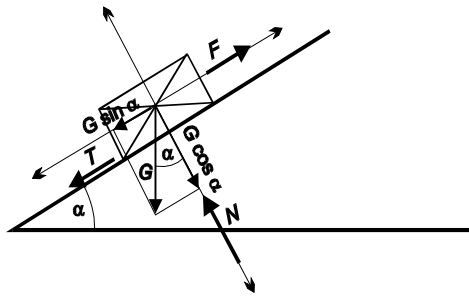
TRENJE, KRETANJE PO VODORAVNOJ PODLOZI:

$$T = \mu N$$



Sila trenja T suprotnog je smjera od smjera kretanja odnosno djelovanja sile F . Sila trenja, odnosno sila reakcije na silu kretanja, dobije se iz umnoška normalne komponente N i koeficijenta trenja μ . Normalna komponenta N uvijek je okomita na podlogu trenja i u slučaju horizontalne podloge suprotnog je smjera u odnosu na silu težine G . U slučaju kretanja po kosini sila težine rastavlja se na komponentu okomitu na podlogu $G \cos \varphi$ i komponentu paralelnu s

podlogom $G\sin\varphi$. Time se dobiva sila normalne komponente potrebne za izračun sile trenja na kosini, kako slijedi:

**KRETANJE UZ KOSINU:**

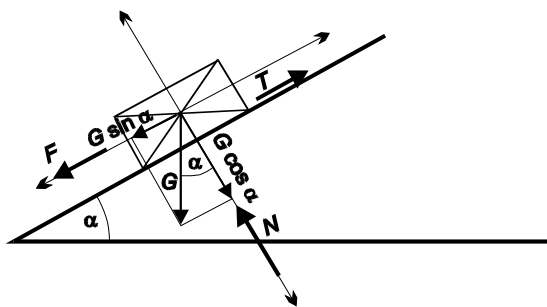
$$\Sigma x = 0$$

$$F = G\sin\alpha + T$$

$$F = G\sin\alpha + \mu N$$

$$F = G\sin\alpha + \mu G\cos\alpha$$

$$F = G(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$$

**KRETANJE NIZ****KOSINU:** Σ

$$x = 0$$

$$F = T - G\sin\alpha$$

$$F = G(\mu\cos\alpha - \sin\alpha)$$

Koeficijent trenja dobije se iz graničnog slučaja kada na teret ne djeluje nikakva sila već se on slobodno počne kretati niz kosinu ($F = 0$). Iz toga slijedi:

$$\mu\cos\alpha = \sin\alpha$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \mu$$

Sila na obodu lančanika treba savladavati silu trenja koja ovisi o težini trupaca i lanaca :

$$F_o = (m_t + m_L) g \cdot \mu, \text{ N}$$

Gdje je:

F_o – obodna sila na lančaniku, N,

m_t – masa trupaca, kg,

m_L – masa lanaca, kg,

g – težno ubrzanje (stalnica **konstanta** sile gravitacije, 9,81), m/s^2 ,

μ - koeficijnt trenja.

Za zadanu prekrivenost p volumni odnosno maseni kapacitet uzdužnog lančanog transportera izračuna se iz izraza:

$$Q_m = A_t \cdot v_{tr} \cdot \rho \cdot p \cdot 7,5 \cdot 3600, \text{ kg/smjeni/}, \text{ t/smjeni}$$

$$Q_v = A_t \cdot v_{tr} \cdot p \cdot 7,5 \cdot 3600, \text{ m}^3/\text{smjeni}$$

Gdje je:

Q_m – maseni kapacitet, t/smjeni,

Q_v – volumni kapacitet, $m^3/smjjeni$,

A_t – površina poprečnog presjeka trupca, m^2 ,

v_{tr} – brzina transportera, m/s ,

ρ - gustoća drva, kg/m^3 ,

p – prekrivrenost transportera, %,

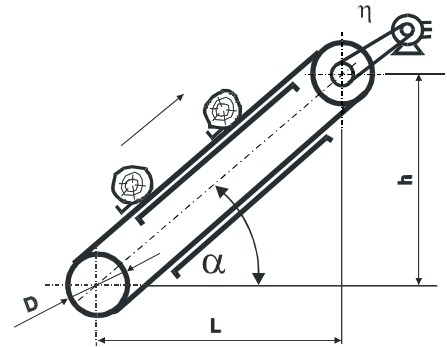
3. Kosi lančani transporter (konvejer) služi za poprečni transport na centralnom stovarištu trupaca. Paralelno je postavljeno pet lanaca, vezanih vratilom koje je pogonjeno EM preko prijenosnog sustava. Poprečni presjek je shematski prikazan na crtežu. $L = 16$ m, $h = 8$ m, $\phi D = 600$ mm, $\eta_p = 0,6$. Dimenzije najvećih trupaca su:

- promjer, $d = 40$ cm,

- duljina, $l = 4,2$ m,

- gustoća, $\rho = 850$ kg/m^3 .

Istovremeno se na konvejeru nalazi najviše 2 trupca. Brzina transportera $0,65$ m/s. Koeficijent trenja između lanaca i podloge je $\mu = 0,08$. Masa je lanaca po tekućem metru 18 kg/m' . Sila prednapinjanja svakog lanca $F' = 2000$ N.



Traže se:

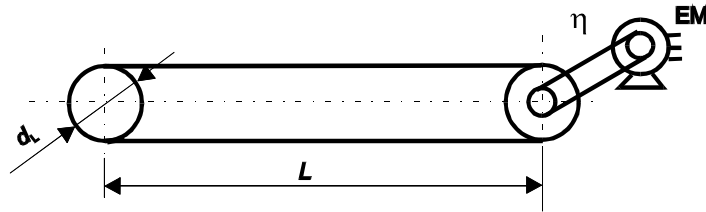
- ukupna masa svih lanaca, kg,
- maksimalna masa trupaca, kg,
- sila trenja koju treba savladati prilikom kretanja transportera (N) (lanac se i na svojoj donjoj strani oslanja na vodilice),
- otpor dizanja (sila paralelna s transporterom (N), zanemariti djelovanje tereta lanca na povratnoj strani niz kosinu!),
- potrebnu snagu EM za pogon transportera, kW.

Rješenje:

a) $m_L = 3389,6$ kg, b) $m_T = 897,2$ kg, c) $F_t = 3009,1$ N, d) $F_d = 11,37$ kN, e) $P_m = 26,41$ kW.

4. Lančani transporter na skici služi za uzdužni transport trupaca na glavnom stovarištu. Brzina gibanja transportera iznosi $0,255$ m/s. Masa lanaca po tekućem metru iznosi 11 kg/m , $\mu = 0,01$, $\eta_t = 0,7$. Srednji promjer trupaca je 42 cm a gustoća 450 kg/m^3 . Maksimalna prekrivenost transportera je 60 %. $L = 160$ m, $d_L = 800$ mm. Traži se:

- duljina lanca, m
- masa lanca, kg
- masa tereta uz zadanu prekrivenost, kg
- zakretni moment na obodu pogonskog lančanika, kNm
- teoretska snaga za pogon lančanika, kW.

**Rješenje:**

a) $L = 322,5$ m, b) $m_L = 3547,5$ kg, c) $m_T = 5985,1$ kg, d) $M_z = 374,1$ Nm, e) $P_t = 238,5$ W.

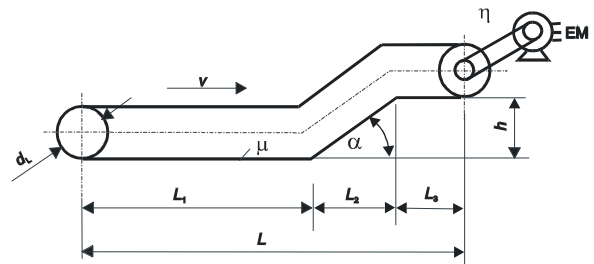
5. Lančani transporter prikazan na slici služi za uzdužni transport trupaca na stovarištu.

Prosječni promjer trupca je 35 cm, $\rho = 880$ kg/m³. Prekrivenost aktivne dužine lanaca je 48 %.

Teret lanca po tekućem metru je 14 kg/m, $\mu = 0,08$. $\eta_p = 0,7$, $v = 0,25$ m/s, $h = 4$ m, $d_L = 600$ mm, $L_1 = 115$ m, $L_2 = 25$ m, $L_3 = 20$ m.

Traže se:

- masa lanaca, kg,
- masa tereta istodobno smještena na transporteru, kg,
- komponenta vučne sile u lancu paralelna s podlogom na dijelu uspona, ako je kosina potpuno ispunjena trupcima (zanemariti djelovanje dijela opterećenja lanca niz kosinu, N,
- vučna sila u lancu za savladavanje sile trenja, ako se zanemari dio uspona te uzme preostala cijela dužina trupaca i cijela težina lanca kao normalna sila, N,
- ukupna obodna sila na lančaniku za promatrani slučaj opterećenja, N.

**Rješenje:**

$$a) L = D\pi + 2L_1 + 2L_3 + 2\sqrt{L_2^2 + h^2} = 0,6\pi + 2(115 + 20 + \sqrt{25^2 + 4^2}) = 322,52 \text{ m}$$

$$m_L = L \cdot \rho' = 322,52 \cdot 14 = 4515,28 \text{ kg}$$

$$b) m_T = \frac{0,35^2 \pi}{4} \cdot 880 \cdot 0,48 \cdot \frac{322,52}{2} = \mathbf{6553,55 \text{ kg}}$$

$$c) L_{\text{kos}} = \sqrt{25^2 + 4^2} = 25,32 \text{ m}$$

$$F_h = mg \cdot \sin\alpha = (m_{T_{\text{kos}}} + m_{L_{\text{kos}}}) g \cdot \frac{h}{L_{\text{kos}}} = (L_{\text{kos}} \cdot m_{1T} + L_{\text{kos}} \cdot m') g \cdot \frac{h}{L_{\text{kos}}} =$$

$$= (25,32 \cdot \frac{0,35^2 \pi}{4} \cdot 880 + 25,32 \cdot 14) 9,81 \cdot \frac{4}{25,32} = \mathbf{3871,65 \text{ N}}$$

$$d) F_v = (m_{T_{\text{hor}}} + m_L) g \cdot \cos\alpha \mu = (L_1 \cdot p \cdot m_{1T} + m_L) g \cdot \cos 0^\circ \mu =$$

$$= (115 \cdot 0,48 \cdot \frac{0,35^2 \pi}{4} \cdot 880 + 4515,28) 9,81 \cdot 1 \cdot 0,08 = \mathbf{7211,4 \text{ N}}$$

$$e) F_{\text{uk}} = F_h + F_v = 3871,65 + 7211,4 = \mathbf{11083,1 \text{ N}}$$

TRAČNI I VALJČANI KONVEJERI

Tračni i valjčani konvejeri transportna su sredstva s neprekinutim djelovanjem. Trakasti konvejeri primjenjuju se za prometanje rasutih materijala i komadnog tereta u vodoravnom ili blago nagnutom transportu (do nagiba omjera 1:3). Materijal se nanosi na beskonačnoj traci koja istovremeno nosi i vuče teret zbog čega mora biti elastična i čvrsta te se najčešće izrađuje od različitih polimernih materijala. Osim beskonačne trake ostali dijelovi trakastog konvejera su pogonski bubanj, naponski uređaj (naponski ili povratni bubanj), potporni valjci te uređaj za punjenje i pražnjenje.

Tračni i valjčani konvejeri najčešće su pogonjeni elektromotorom preko prijenosnika zbog čega treba, pri izračunavanju snage za pogon transportnog sredstva, uzimati u obzir gubitke prijenosa snage.

Gdje je:
$$\eta_p = \frac{P_o}{P_{meh}}$$

η_p – korisnost prijenosnika,

P_o – snaga na obodu pogonskog bubnja ili valjka, W,

P_{meh} – mehanička snaga pogonskog motora, W.

Obodna sila F_o na valjku potrebna za transportiranje jednaka je sili savladavanja otpora kotrljanja F_f .

$$F_o = F_f = G \cdot f, N$$

Gdje je:

F_o – obodna sila na valjku, N,

F_f – sila potrebna za savladavanje otpora kotrljanja, N,

G – težina tereta, N

f – koeficijent otpora kotrljanja.

Snaga na obodu valjka odnosno transportiranja P_o jednaka je snazi kojom se savladavaju otpori kotrljanja.

$$P_o = P_f = F_o \cdot v_{tr} = F_f \cdot v_{tr} = m \cdot g \cdot f \cdot v_{tr}, W$$

Gdje je:

P_o – snaga na obodu valjka, W

P_f – snaga potrebna za savladavanje otpora kotrljanja, W,

F_o – obodna sila na valjku, N,

F_f – sila potrebna za savladavanje otpora kotrljanja, N,

m – masa tereta, kg,

g – težno ubrzanje, (stalnica **konstanta** sile gravitacije, 9,81), m/s²,

f – koeficijent otpora kotrljanja,

v_{tr} – brzina transportiranja (obodna brzina valjka), m/s.

Kapacitet tračnog konvejera ukoliko je poznata težina (masa) materijala nasutog na traku za jedinicu duljine transportera q (kN/m, kg/m), iznosi:

$$Q = q \cdot v, \text{ kN/s i sl.}$$

Gdje je:

Q – kapacitet transportnog sredstva iskazan težinski (maseno, volumno i sl.) u sekundi, kN/s (kg/s, m³/s),

q – težina nasutog materijala na jedinici trake, kN/m (kg/m, m³/m),

v – brzina trake, m/s.

Valjčani konvejeri mogu biti pogonjeni ali i nepogonjeni. Transportirani materijal se na nepogonjenim segmentima valjčanih konvejera premiješta ručnim guranjem a ujedno služe i kao pomoćno pogonsko skladište. Najveća moguća udaljenost valjaka na koje se oslanja podloga složaja jednaka je polovini duljine podloge.

Obodna brzina v_o na kotrljajućem segmentu jednaka je brzini transportiranja a ovisi o frekvenciji vrtnje kotrljajućih elemenata i njihovog promjera:

$$v_o = v_{tr} = \frac{D\pi n_{tr}}{60}$$

Gdje je:

v_o – obodna brzina, m/s,

v_{tr} - brzina transportiranja, m/s,

D – promjer valjka ili srednji promjer pogonskog stošca, m,

n_{tr} – frekvencija vrtnje valjka ili pogonskog stošca, min⁻¹.

Frekvencije vrtnje pogonskog stošca ili valjka obično je manja od frekvencije vrtnje elektromotora za iznos prijenosnog omjera.

$$i = \frac{n_{EM}}{n_{tr}}$$

Gdje je:

i – prijenosni omjer,

n_{EM} – frekvencija vrtnje elektromotora, min⁻¹,

n_{TR} – frekvencija vrtnje pogonskog stošca ili valjka, min⁻¹.

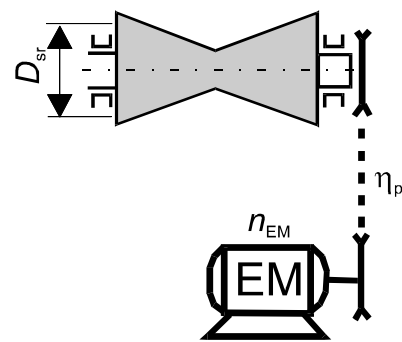
6. Tračni transporter služi za transport pilanskih otpadaka do prikolice za odvoz. Može raditi kod promjenjivog nagiba od 0° do 15°. Brzina gibanja trake iznosi 0,3 m/s. Masa tekućeg metra trake iznosi 15 kg/m, duljina osi 30 m, promjer bubnja 400 mm. Traka je stalno prekrivena materijalom, te po jedinici duljine nosi 15 kg/m. Koeficijent je trenja trake i podloge $\mu = 0,05$.

Traži se:

a) duljina trake (ukupna), m,

b) masa trake, kg,

c) masa tereta, kg,



- d) okretni moment na pogonskoj remenici transportera (horizontalni položaj), kNm,
 e) teoretska snaga potrebna za pogon transportera, kW.

Rješenja:

- a) $l_T = 2l_0 + D\pi = 2 \cdot 30 + 0,4\pi = 61,26 \text{ m}$,
 b) $m_{TR} = l \cdot q_m = 61,26 \cdot 15 = 918,85 \text{ kg}$,
 c) $m_0 = l \cdot q = 30 \cdot 15 = 450 \text{ kg}$,
 d) $F_t = F_o = F_N \cdot \mu = G_{uk} \cdot \mu = (m_{TR} + m_0)g \cdot \mu = (918,85 + 450) 9,81 \cdot 0,05 = 671,4 \text{ N}$
 $M_0 = \frac{D}{2} F_o = \frac{0,4}{2} 671,4 = 134,3 \text{ Nm}$
 e) $P_{teor} = F_t \cdot v_{TR} = 671,4 \cdot 0,3 = 201,4 \text{ W}$.

7. Tračnim konvejerom transportira se otpadni materijal nakon krojenja ploča. Duljina konvejera je 10 m a visina transporta 4 m. Na svakom metru konvejera traka se oslanja na potporne dvostruke stošce. Pogonski stožac ima srednji promjer 300 mm, broj okretaja EM je 960 min^{-1} , prijenosni omjer $i = 8$, $\eta_p = 0,8$.

Traže se:

- a) brzina trake, m/s,
 b) ako 1 m trake ima nosivost 30 kg materijala, koliki je maseni kapacitet konvejera, kg/h,
 c) kolika je potrebna snaga EM ako je potrebna srednja obodna sila na pogonskom stošcu od 500 N, W,
 d) izvršen rad za transport 100 kg materijala, J,
 e) kut nagiba trake α .

Rješenja:

- a) $v_{sr} = 1,884 \text{ m/s}$, b) $Q = 203,47 \text{ t/h}$, c) $P_0 = 942 \text{ W}$, d) $W = 3,9 \text{ kJ}$, e) $\alpha = 23,58^\circ$.

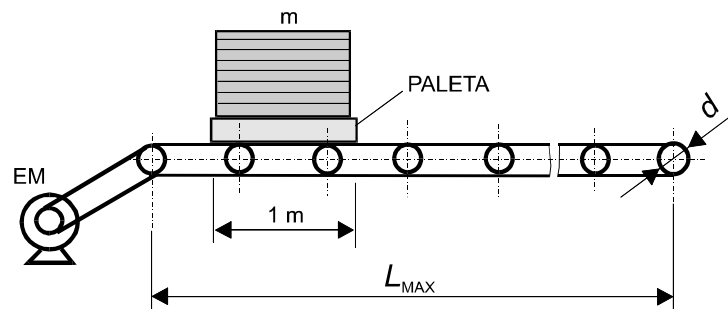
8. Pogonjenim valjkastim konvejerom horizontalno se transportira složaj elemenata pločastog namještaja mase 100 kg na paleti duljine 1 m. Jedan segment od 10 valjaka pogoni se elektromotorom snage 1,2 kW preko lančanog prijenosa. Koeficijent otpora kotrljanja u ležajevima iznosi 0,05. Korisnost ležaja iznosi 0,97 (na jednom valjku su dva ležaja), a lančanog prijenosa 0,7 (ukupno). Promjer valjaka je 120 mm.

Traži se:

- a) najveća moguća duljina segmenata od 10 valjaka, m,
 b) ako se zanemare svi otpori, koliki se rad izvrši za transport složaja na udaljenosti L_{max} , J,
 c) stvarno izvršen rad za transport jednog složaja, J,
 d) najveća moguća brzina transportiranja ako se na odsječku istovremeno nalaze dva složaja, m/s,
 e) kolika se masa može transportirati ako je stvarna brzina 1 m/s,
 f) potrebna snaga elektromotora za transport 4 palete uz brzinu 1 m/s, kW,

Rješenja:

a) $L_{\max} = 4,5$ m, b) $W = 0$ po horizontali, c) $W = 220$ J, d) $v = 4,66$ m/s, e) $m = 465,6$ kg, f) $P_{\text{em}} = 515,43$ W.



HIDRAULIČKI PODIZAČI

Podizni stolovi i platforme modificirana su dizala koja se upotrebljavaju u tehnološkim procesima drvne industrije za savladavanje visinskih razlika pri transportiranju složajeva materijala. Hidraulične podne i druge dizalice koriste hidrostatički prijenos energije, najčešće izveden s uljem. Pogon može biti ručni ili motorni. Za veću učestalost korištenja i veće terete dizalice se izvađaju s motornim pogonom. Osnovni pogon je električni a potrebna snaga elektromotora za pogon pumpe odnosno hidraulične dizalice iznosi:

$$P = \frac{G \cdot v}{\eta_p \cdot \eta_h}$$

Gdje je:

P – potrebna snaga elektromotora (mehanička), kW,

G – težina podizanog tereta, N,

v – brzina dizanja, m/s,

η_p - korisnost pumpe,

η_h - korisnost hidrauličnog podizača.

Snaga pumpe izražava se umnoškom tlaka pumpe i količine protoka ulja:

$$P_p = Q \cdot p, \text{ W}$$

Gdje su:

P_p – snaga pumpe, W,

Q – količina protoka pumpe, m³/s,

p – tlak ulja u pumpi, Pa.

Trostepeni cilindar sastoji se od teleskopski djelujućih cilindara različitih dimenzija i učina. Izraz za rad pojedinog cilindra dobiven je iz izraza za rad koji je jednak djelovanju sile F na nekoj udaljenosti h .

$$W = F \cdot h, \text{ Nm}$$

Gdje je:

W – rad pojedinog cilindra, Nm,

F – sila kojom djeluje cilindar, N,

h – visina cilindra, hod cilindra, put na kojem djeluje sila cilindra, m.

S obzirom da je tlak jednak djelovanju sile na površini zbog čega se može pisati:

$$F = p \cdot A \cdot h, \text{ N}$$

Gdje je:

F – sila kojom djeluje cilindar, N,

p – tlak kojim djeluje cilindar, Pa,

A – površina poprečnog presjeka cilindra, m^2 ,

h – visina cilindra, hod cilindra, put na kojem djeluje sila cilindra, m.

Iz toga slijedi da je izvršeni rad W pojedinog cilindra jednak umnošku tlaka p i volumena cilindra V .

$$W = p \cdot V, \text{ Nm}$$

Gdje je:

W – rad pojedinog cilindra, Nm,

p – tlak kojim djeluje cilindar, Pa,

V – volumen cilindra, m^3 .

Omjer rada pojedinih cilindara imaju isti omjer kao volumeni pojedinih cilindara:

$$W_1 : W_2 : W_3 = V_1 : V_2 : V_3$$

W_1 – rad koji izvrši prvi cilindar, Nm,

W_2 – rad koji izvrši drugi cilindar, Nm,

W_3 – rad koji izvrši treći cilindar, Nm,

V_1 – volumen prvog cilindra, m^3 ,

V_2 – volumen drugog cilindra, m^3 ,

V_3 – volumen trećeg cilindra, m^3 .

Potreban tlak pumpe treba razviti silu na prvom cilindru (prvom do podiznog stola) kojom se savladavaju otpori podizanja tereta i sile prednapinjanja opruga u kotačima vodilica F_N :

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{(m_t + m_0)g + 2F_N \cdot \mu}{\frac{d_1^2 \pi}{4}}, \text{ Pa}$$

Gdje su:

p_1 – tlak na prvom cilindru, Pa,

F_1 – sila prvog cilindra, N,

A_1 – površina poprečnog presjeka prvog cilindra, m^2 ,

m_t – masa tereta na stolu, kg,

m_0 - masa podiznog stola, kg,

g – težno ubrzanje, (stalnica **konstanta** sile gravitacije, 9,81), m/s^2 ,

F_N - sile prednapinjanja opruga u kotačima vodilica, N,

μ - koeficijent trenja u vodilicama,

d_1 – promjer prvog cilindra, m.

U svakom pojedinom cilindru tlak je jednak potrebnom tlaku pumpe:

$$p = \frac{W_1}{A_1 \cdot h_1} = \frac{W_2}{A_2 \cdot h_2} = \frac{W_3}{A_3 \cdot h_3}, \text{ Pa}$$

Gdje su:

p – tlak pumpe ili tlak na prvom cilindru, Pa,

h_1 – visina prvog cilindra, m,

h_2 - visina drugog cilindra, m,

h_3 – visina trećeg cilindra, m,

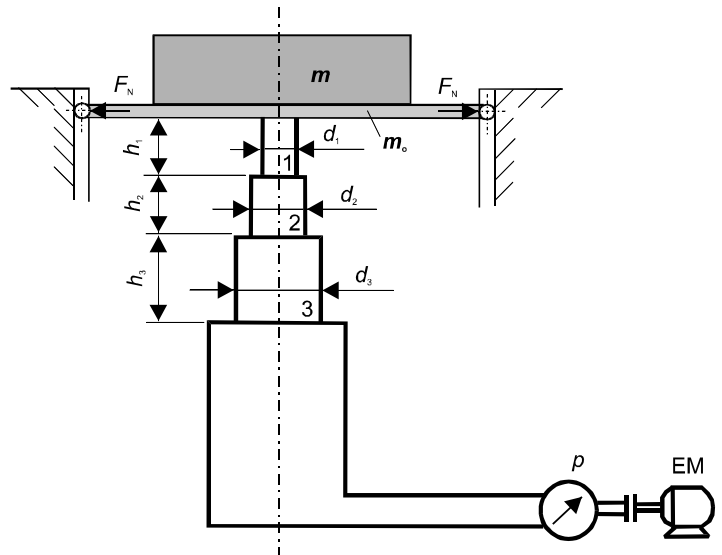
W_1 – rad koji izvrši prvi cilindar, (W_2 drugi cilindar odnosno W_3 treći cilindar), Nm,

A_1 – površina poprečnog presjeka prvog cilindra, (A_2 drugog cilindra odnosno A_3 trećeg cilindra), m^2 .

9. Podizni stol služi za prijem složaja ploča prije krojenja. Nosivost mu je 600 kg, vlastita masa 100 kg. Sila prednapona na kotačima vodilica je 500 N, uz koeficijent trenja 0,1. Cilindar je trostepeni. $d_1 = 100$ mm, $d_2 = 150$ mm, $d_3 = 200$ mm, hod prvog stupnja $h_1 = 500$ mm. Količina protoka pumpe je 0,8 L/s. Snaga pogonskog EM je 0,75 kW.

Traži se:

- potreban tlak pumpe, Pa,
- ako se radovi koji izvrše pojedini stupnjevi cilindra odnose kao $W_1:W_2:W_3 = 1:4:8$, koliki hod imaju drugi i treći stupanj,
- rad koji izvrši pojedini stupanj, kJ,
- potencijalna energija nazivnog tereta, kJ,
- najveća brzina dizanja tereta, m/s.



Rješenje:

$$a) p_1 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{(m+m_0)g + 2F_N \cdot \mu}{\frac{d_1^2 \pi}{4}} = \frac{(600+100) \cdot 9,81 + 2 \cdot 500 \cdot 0,1}{\frac{0,1^2 \pi}{4}} = 887\,066 \text{ Pa,}$$

$$b) W_1 = p_1 \cdot h_1 \cdot A_1 = 887\,066 \cdot 0,5 \cdot \frac{0,1^2 \pi}{4} = 3\,483,5 \text{ J}$$

$$W_2 = 4W_1; \quad W_3 = 8W_1$$

$$h_2 = \frac{4 \cdot W_1}{p_1 \cdot A_2} = \frac{4 \cdot 3483,5}{887066 \frac{0,15^2 \pi}{4}} = 889 \text{ mm}; \quad h_3 = \frac{8 \cdot W_1}{p_1 \cdot A_3} = \frac{8 \cdot 3483,5}{887066 \frac{0,2^2 \pi}{4}} = 999 \text{ mm},$$

c) $W_1 = 3483,5 \text{ J}; W_2 = 13934 \text{ J}; W_3 = 27\ 868 \text{ J};$

d) $E_p = mgh = m_T \cdot g \cdot \Sigma h = 600 \cdot 9,81 \cdot (0,5 + 1,0 + 0,889) = 14\ 062 \text{ J},$

e) $Q_p = A_1 \cdot v; \quad v = \frac{Q_p}{A_1} = \frac{0,8 \cdot 10^{-3}}{\frac{0,1^2 \cdot \pi}{4}} = 0,101 \text{ m/s}.$

10. Podizni stol (gornja slika) služi za prijem složaja ploča prije krojenja. Nosivost mu je 500 kg, a sila prednapona opruga u kotačima vodilica 500 N uz koeficijent trenja 0,1. Cilindar je trostepeni: $d_1 = 100 \text{ mm}, d_2 = 150 \text{ mm}, d_3 = 200 \text{ mm}, h_1 = 500 \text{ mm}, h_2 = 650 \text{ mm}, h_3 = 850 \text{ mm}.$ Najveća brzina dizanja je 0,1 m/s. Traži se:

- potencijalna energija dignutog nazivnog tereta, J,
- rad koji obavi pojedini stupanj hidrauličkog cilindra, ako je za dizanje nazivnog tereta utrošen ukupni rad od 32 099 J, J,
- potreban tlak pumpe, Pa,
- masa podiznog stola, kg,
- količina dobave pumpe, $\text{m}^3/\text{s}.$

Rješenje:

- a) $E_p = 9,81 \text{ kJ},$ b) $W_1 = 2993 \text{ J}; W_2 = 8754,5 \text{ J}; W_3 = 20352,4 \text{ J},$ c) $p = 762162 \text{ Pa},$
 d) $m_s = 100 \text{ kg},$ e) $Q = 0,000785 \text{ m}^3/\text{s}.$

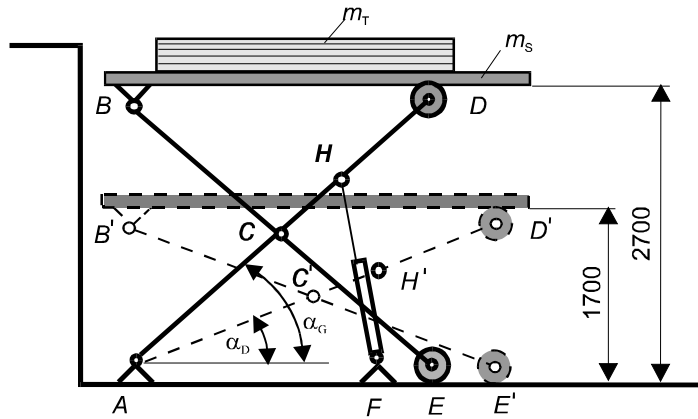
11. Za podizni stol iz gornjeg primjera treba izračunati:

- snagu pumpe, kW,
- prosječnu kinetičku energiju tereta u toku dizanja, J,
- koliki se najveći teret može dići ovim stolom i na koju visinu, kg, m,
- korisnost pumpe ako je snaga EM 0,75 kW,
- srednju korisnost cijelog uređaja (stola).

Rješenje:

- a) $P_p = 0,6 \text{ kW},$ b) $E_{k1} = 2,5 \text{ J}; E_{k2} = 0,484 \text{ J}, E_{k3} = 0,156 \text{ J}; E_k = 1,047 \text{ J},$ c) $m = 2330 \text{ kg};$
 $h = 850 \text{ mm},$ d) $\eta_p = 0,80,$ e) $\eta_s = 0,366.$

12. Hidraulički je podizni stol prikazan na slici.



Zadano: $m_t = 600$ kg, $m_s = 200$ kg,
 $AH = 3252$ mm,
 $AD = AD' = 4400$ mm,
 $AF = 3000$ mm,
 $h = 2700$ mm, $h' = 1700$ mm,
 $v_d = 10$ cm/s,
 $d_c = 50$ mm, $l_c = 740$ mm.

Traže se:

- kut poluge stola, α_D i α_G ,
- udaljenosti baze stola u donjem

položaju, AE' ,

c) povećanje kuta poluge okvira stola pri njegovom podizanju u gornji položaj, $\Delta\alpha$

d) prevaljeni put vodećeg kotača između dva krajnja položaja, EE' , mm

e) težina stola i tereta, N.

Rješenja:

- $\alpha_D = 22,7^\circ$; $\alpha_G = 37,8^\circ$, b) $AE' = 4059$ mm, c) $\Delta\alpha = 15,1^\circ$, d) $EE' = 582$ mm,
e) $m = 7848$ N.

13. Za hidraulički stol se iz gornjeg primjera traži:

a) komponenta opterećenja okomita na polugu stola u donjem položaju D' (oslonci B' i D' su jednako opterećeni) i u gornjem položaju stola.

b) sila u cilindru uslijed dizanja tereta i stola, (iz momentne jednačbe $M_A = 0$ i uz zanemareno trenje), kN,

c) vrijeme potrebno za dizanje stola, s,

d) približna brzina stapa cilindra, cm/s,

e) tlak ulja u cilindru u trenutku pokretanja (zanemariti trenje), Pa, bar.

Rješenja:

- $N = 3620$ N, b) $F_c = 5309$ N, c) $t = 10$ s, d) $v_c = 7,4$ cm/s, e) $p = 27$ bara

14. Utovar građe u vagone vrši se hidrauličnom dizalicom. Nazivni moment dizalice iznosi 40 000 Nm. Maksimalni teret na najvećem kraku dozvoljen je 7500 N. Tlak ulja u hidrauličnoj instalaciji radnih cilindara je 160 bara. Protoka zupčaste pumpe je 80 dm³/min, gustoća ulja $\rho = 0,88$ kg/dm³. Traže se:

a) tlak ulja izražen u Pa, daPa i kPa,

b) maksimalni krak pri nazivnom momentu, m,

c) teoretska potrebna snaga za pogon pumpe, kW,

d) stvarno potrebna snaga za pogon pumpe uz $\eta = 0,72$, kW,

e) vrijeme okretanja dizalice za 2π radiana uz maksimalnu protoku te stapaj okretnog cilindra od

800 mm i njegov promjer 120 mm.

Rješenja:

a) $p = 160 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1,6 \cdot 10^6 \text{ daPa} = 1,6 \cdot 10^4 \text{ kPa}$, b) $k = 5,33 \text{ m}$, c) $P_t = 21,33 \text{ kW}$,

d) $P_{st} = 29,63 \text{ kW}$, e) $t = 6,79 \text{ s}$.

VUČA TERETA

Hidraulički pogonjena vitla pomoću hidrauličkog motora u drvnoj industriji upotrebljavaju se za povlačenje tereta, npr. u pilani za povlačenje vagona na stovarištu trupaca.

Koeficijent sigurnosti za dimenzioniranje užeta koji služi za vuču tereta po kosini iznosi $\nu = 4$.

Snaga potrebna za vuču po kosini jednaka je umnošku sile u užetu F_u i brzine povlačenja v_d .

$$P_{\text{teor}} = P_{\text{tr}} = F_u \cdot v_d, \text{ W}$$

$$P_{\text{tr}} = (G \sin\alpha + G \cos\alpha f_g) \cdot v_d, \text{ W}$$

Gdje je:

P_{teor} , P_{tr} – teoretska snaga potrebna za transportiranje, povlačenje, podizanje, W,

F_u – sila u užetu, N,

v_d – brzina povlačenja, podizanja, m/s,

G – težina tereta, N,

$G \sin\alpha$ – komponenta tereta na kosini paralelna s podlogom, N,

$G \cos\alpha$ – komponenta tereta okomita na kosinu, N,

f_g – otpor gibanja, N/N.

Podno vitlo ili ručno vitlo (bez koloture) imaju prijenosni odnos momenata bubnja i ručice kako slijedi:

$$i = \frac{M_b}{M_r \cdot \eta_{\text{uk}}} = \frac{G \cdot r_b}{F_r \cdot r_r \cdot \eta_{\text{uk}}}$$

Gdje su:

i – prijenosni odnos,

M_b – moment vrtnje na bubnju, moment tereta, Nm,

M_r – moment pogona po ručici, Nm,

η_{uk} – korisnost vitla,

G – podizani teret, N,

r_b – polumjer bubnja, m,

r_r – polumjer ručice, m,

F_r – sila na ručici, N.

Iz prijenosnog odnosa može se izračunati i brzina podizanja tereta odnosno brzina bubnja. Obodna brzina na ručici kreće se od 0,5 do 1 m/s.

$$i = \frac{v_r}{v_b}$$

Gdje su:

i – prijenosni odnos,

v_r – brzina ručice, m/s,

v_b - brzina na obodu bubnja odnosno brzina podizanja tereta, m/s.

Ručna vitla se koriste za teret do 5 t dok se danas češće koriste motorna vitla, pogonjena elektromotorom ili motorom s unutarnjim izgaranjem. Stvarna snaga potrebna za pogon vitla omjer je korisne snage podizanja P_d i ukupne korisnosti uređaja η_{uk} :

$$P_{EM} = \frac{P_d}{\eta_{uk}} = \frac{G \cdot v_d}{\eta_{uk}}, W$$

Za usporedbu približne vrijednosti korisnosti η sastavnica vitla iznose:

- jednoga para zupčanika, 0,9,
- dva para zupčanika, 0,8
- dvije koloture, 0,94,
- korisnost bubnja, 0,94 – 0,97.

Vučna kolica vuku prikolicu na šinama i pri tome savladavaju otpore gibanja i adhezijsko trenje. Kinetička energija kompozicije koja se giba po šinama ovisi o masi kompozicije i kvadratu brzine gibanja:

$$E_k = \frac{(m_k + m_p) \cdot v^2}{2}$$

Kinetička energija kompozicije koja se zaustavlja do potpunog zakočenja jednaka je zbroju sila kojima se savladavaju otpori gibanja kompozicije i otpori na putu kočičenja (kočenje samo kolicima).

$$E_k = s[m_k \cdot f_a + (m_k + m_p)f_g], J$$

Gdje su:

E_k - kinetička energija kompozicije, J,

s – put kretanja kompozicije, m,

m_k – masa vučnih kolica, kg,

f_a - koeficijent adhezijskog trenja,

m_p – masa prikolice, kg,

f_g – koeficijent otpora gibanja odnosno sila otpora gibanja je $F_g = (m_k + m_p)f_g$.

Gume zračnice pune se okolnim atmosferskim zrakom do nekog tlaka a podatke o gustoći zraka moguće je izračunati iz jednadžbe plinskog stanja (stanja idealnih plinova):

$$\rho_{zr} = \frac{p_{atm}}{R \cdot T}, kg / m_3$$

Gdje su:

ρ_{zr} - gustoća (plina) zraka, kg/m^3 ,

p_{atm} – atmosferski tlak, Pa, (1 bar = 10^5 Pa),

R – plinska **stalnica** konstanta za zrak, 273 J/kgK,

T- termodinamička temperatura, K.

Zrak kojim se puni guma zračnica već „je pod tlakom“ odnosno izražen je apsolutnom vrijednosti barometarskog tlaka. Tlak stlačenog zraka u zračnici izražen je relativnom manometarskom vrijednosti jer je u odnosu na atmosferski tlak. Gustoća stlačenog zraka u zračnici izračuna se prema istoj jednadžbi ali uz povećanje atmosferskog tlaka za manometarski (relativni) tlak p_m :

$$\rho_{zr} = \frac{(p_{\text{atm}} + p_m)}{R \cdot T}, \text{kg/m}_3$$

Gdje je:

p_m – manometarski relativni tlak, Pa.

Promjene vrijednosti parametara zraka u zračnici mogu se doznati iz Poissonove jednadžbe odnosa tlaka i volumena.

$$p \cdot V = \text{konst.}$$

Prema toj jednadžbi produkt $p \cdot V$ se ne mijenja pri adiabatskim promjenama odnosno procesima bez izmjene topline. Ako plin na početku adiabatskog procesa ima tlak p_1 i volumen V_1 , a na kraju tlak p_2 i volumen V_2 tada vrijedi:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

15. Teret se vuče na kosini pod nagibom od 30 %. Masa je tereta 3000 kg. Brzina vuče je 5 km/h. Vučno uže je izrađeno iz materijala dopuštenog naprezanja 40 daN/mm^2 . Otpor gibanja iznosi 0,12 N/N. Masa podložnih saonica je 300 kg. Traže se:

- sila u vučnom užetu, kN,
- teoretska snaga potrebna za vuču, kN,
- sila u užetu pri ubrzanju od 1 m/s^2 , kN,
- potreban presjek užeta u slučaju c), mm^2 ,
- kod kojeg kuta bi se teret počeo sam vraćati niz kosinu.

Rješenja:

$$\text{a) } F_u = G \sin \alpha + T = mg \sin \alpha + mg \cos \alpha \cdot f_g =$$

$$= (3\,000 + 300) 9,81 \cdot \sin 16,7^\circ + (3\,000 + 300) 9,81 \cdot \cos 16,7^\circ \cdot 0,12 = 13\,018 \text{ N};$$

$$\text{b) } P_{\text{teor}} = F_u \cdot v_d = 13,02 \cdot 5/3,6 = 18,08 \text{ kW},$$

$$\text{c) } F_u' = F_u + m \cdot a = 13,02 + 3,3 \cdot 1 = 16,32 \text{ kN}$$

$$\text{d) } A = \frac{F_u'}{\sigma} = \frac{16\,320}{400} = 40,8 \text{ mm}^2,$$

$$\text{e) } mg \cdot \sin \alpha \geq mg \cdot \cos \alpha; \quad \text{tg} \alpha \geq f_g$$

$$\alpha = \arctan 0,12 = 6,84^\circ.$$

16. Ručno vitlo. Sila kojom djeluje radnik iznosi 200 N. Visina dizanja 2 m. Polumjer bubnja vitla iznosi 120 mm, a polumjer ručice 400 mm. Frekvencija vrtnje ručice koju okreće radnik $0,5 \text{ s}^{-1}$. Prijenosni odnos mehanizma $i = 25$, a $\eta = 0,8$.

Traži se:

- teret koji može podići radnik, kN,
- brzina ručice, m/s,
- brzina dizanja tereta, m/s,
- vrijeme potrebno za dizanje tereta na zadanu visinu, min,
- rad dizanja, kJ.

Rješenje:

$$\text{a) } i = \frac{M_t}{M_r \cdot \eta} = \frac{G_1 \cdot R}{F_r \cdot r \cdot \eta}; \quad G_1 = \frac{i \cdot F_r \cdot r \cdot \eta}{R} = \frac{25 \cdot 200 \cdot 0,4 \cdot 0,8}{0,12} = 13,3 \text{ kN}$$

$$\text{b) } v_r = D \pi n_r = 0,4 \cdot 2\pi \cdot 0,5 = 1,26 \text{ m/s},$$

$$\text{c) } v_d = \frac{v_r}{i} = \frac{1,26}{25} = 0,05 \text{ m/s},$$

$$\text{d) } t = \frac{h}{v_d} = \frac{2}{0,05} = 4 \text{ s} = 0,066 \text{ min},$$

$$\text{e) } W = G_1 \cdot h = 13,3 \cdot 2 = 26,6 \text{ kJ}.$$

17. Kućište jarmače je mase 8 t. Treba ga povući uz kosinu nagiba 30° . Otpor gibanja iznosi 0,11 kN/kN. Kao podloga se pri vuči koriste saonice mase 300 kg. Brzina je vuče 0,5 km/h. Vučno uže je izrađeno od čelika vlačne čvrstoće 1800 N/mm^2 .

Traži se:

- sila u užetu, kN,
- teoretska snaga potrebna za vuču, kW,
- sila u užetu pri ubrzanju od 1 m/s^2 , kN,
- presjek užeta A (mm^2) u slučaju c),
- kod kojeg kuta bi se teret počeo sam vraćati niz kosinu, $^\circ$.

Rješenje:

$$\text{a) } F_u = 48\,468,1 \text{ N}, \quad \text{b) } P_{\text{teor}} = 6,73 \text{ kW}, \quad \text{c) } F_u' = 56,8 \text{ kN}, \quad \text{d) } A = 126,24 \text{ mm}^2,$$

$$\text{e) } \alpha = 6,3^\circ.$$

18. Vitlo za vuču vagona na stovarištu trupaca ostvaruju maksimalnu vučnu silu 90 kN pri praznom bubnju (odmotano uže). Radna brzina je od 0 do 120 m/min s kontinuiranom promjenom (hidraulični pogon).

Traže se:

- teoretska snaga za pogon vitla pri maksimalnom teretu i brzini 0,5 m/s, kW,
- stvarna snaga pumpe za pogon vitla ako je korisnost hidrauličkog pogona 0,8, kW,
- protok pumpe ako je tlak u navedenom pogonskom slučaju 165 bara, $\eta_p = 0,9$,
- vrijeme vuče vagona u slučaju a) na putu od 40 m, s,
- težina i masa vagona ako je koeficijent trenja 0,08, kN, t.

Rješenje:

- $P_{\text{teor}} = 45 \text{ kW}$, b) $P_{\text{st}} = 56,25 \text{ kW}$, c) $Q = 0,0038 \text{ m}^3/\text{s}$, d) $t = 80 \text{ s} = 1,33 \text{ min}$,
- $G = 1125 \text{ kN}$, $m = 114,68 \text{ t}$.

19. Vučna (motorna) kola mase 8 t vuče na stovarištu prikolicu s teretom 7 t. Otpor gibanja na šinama iznosi 80 N/t; koeficijent adhezijskog trenja 180 daN/t.

Traže se:

- kinetička energija kompozicije kada se kreće brzinom 18 km/h, J,
- zanemarimo li otpor zraka, koliku snagu treba razviti pri gibanju na osovinaama vučnih kola, kW,
- na kojoj će se udaljenosti zaustaviti kompozicija, ako samo vučna kola potpuno zakoče, m,
- za koliko će se smanjiti put zaustavljanja, ako istovremeno uz vučna kola kočimo i sa prikolicom, m,
- koji je minimalni presjek spojne motke vučnih kola i prikolice, ako je dimenzionirana za ubrzanje od $1,5 \text{ m/s}^2$ (pretpostaviti dozvoljeno naprezanje na vlak $\sigma_d = 600 \text{ daN/cm}^2$, cm^2).

Rješenje:

$$\text{a) } E_k = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{(8 + 7)10^3 \cdot 5^2}{2} = 187,5 \text{ kJ}$$

$$v = \frac{18}{3,6} = 5 \text{ m/s;}$$

$$\text{b) } P_g = m \cdot f_g \cdot v = 15 \cdot 80 \cdot 5 = 6 \text{ kW,}$$

$$\text{c) } E_k = m_1 \cdot f_a \cdot s + (m_1 + m_2) f_g \cdot s = s[m_1 f_a + (m_1 + m_2) f_g],$$

$$s = \frac{E_k}{m_1 f_a + (m_1 + m_2) f_g} = \frac{187,5}{8 \cdot 1800 + (8 + 7) \cdot 80} = 12,02 \text{ m,}$$

$$d) s = \frac{E_k}{(m_1 + m_2)f_a + (m_1 + m_2)f_g} = \frac{187,5}{15 \cdot 1800 + 15 \cdot 80} = 6,65 \text{ m},$$

$$e) F_s = m_2 \cdot a + m_2 \cdot f_g = 7 \cdot 10^3 \cdot 1,5 + 7 \cdot 80 = 11060 \text{ N},$$

$$A = \frac{F}{Q} = \frac{11060}{600 \cdot 10} = 1,843 \text{ cm}^2,$$

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,843}{\pi}} = 1,53 \text{ cm}.$$

20. Industrijsko motorno vozilo služi za vuču 4 prikolice, svaka mase 1,75 t. Vlastita masa vozila je 8 t. Otpor gibanja na glatkoj asfaltiranoj podlozi iznosi 80 N/t. Adhezijsko trenje je 1,8 kN/t. Brzina 18 km/h. Traže se:

- otpor gibanja kompozicije, N,
- snaga koju treba razviti pri vožnji, kW,
- kinetička energija kompozicije, kJ,
- put zaustavljanja kompozicije, ukoliko koči samo motorno vozilo, m,
- sila na spojnoj motki pri kretanju kompozicije ubrzanjem od $1,5 \text{ m/s}^2$, kN.

Rješenje:

$$a) F_f = 1200 \text{ N}, b) P = 6,0 \text{ kW}, c) E_k = 187,5 \text{ kJ}, d) s = 12,02 \text{ m}, e) F = 11,06 \text{ kN}.$$

21. Za vozilo iz prethodnog zadatka koriste se uzdužne gume dimenzija 305-26" (inch)/4 PR. Tlak zraka u zračnici je 1,2 bara, a okolnoga zraka 1000 hPa, pri temperaturi od $15 \text{ }^\circ\text{C}$. Traže se:

- volumen zraka u zračnici jednog kotača (pretpostaviti da je zračnica oblika torusa), dm^3 ,
- gustoća okolnoga zraka i zraka u zračnici, kg/m^3 ,
- masa zraka četiri kotača, kg,
- volumen usisnog zraka za punjenje svih kotača, m^3 ,
- u slučaju ispuštanja dijela zraka i pada tlaka u gumi na 0,8 bara, kolika je gustoća zraka u zračnici, kg/m^3 .

Rješenje:

$$a) V_z = 221,59 \text{ dm}^3, b) \rho_z = 1,21 \text{ kg/m}^3, \rho_k = 2,662 \text{ kg/m}^3, c) m = 2,353 \text{ kg},$$

$$d) V_k = 1,948 \text{ m}^3, e) \rho = 2,178 \text{ kg/m}^3.$$

VILIČAR

Viličar je najčešće korišteno nasložno vozilo u drvnjoj industriji. Čelni viličari prihvaćaju i nose teret smješten na vilicama, čije je težište izvan uporne plohe samog viličara. Za njegovu

veliku zastupljenost u uporabi najviše je zaslužna mogućnost podizanja tereta za dvostruko veću visinu od visine cilindra što je omogućeno primjenom koloturnika. Raspored i odnos sila odnosno snaga na ovaj način omogućava dvostruko veću brzinu kretanja vilice i tereta od brzine kretanja cilindra s podizajnim koloturnikom.

Sila u lancu kojim se podižu vilice jednaka je težini tereta dok je sila na koloturniku odnosno lančaniku dvostruko veća od težine tereta ili sile u lancu.

$$F_u = G, \text{ N}$$

$$F_L = 2F_u = 2G, \text{ N}$$

Korisnost prijenosa sile cilindra na koloturnik iznosi približno 0,9.

$$\eta = \frac{F_L}{F_C}$$

Gdje je:

η - korisnost prijenosnika snage s cilindra na lanac,

F_L – sila u lancu, N

F_C – sila cilindra, N.

Količina protoka pumpe dobije se iz umnoška površine poprečnog presjeka cilindra i brzine kretanja cilindra:

$$Q = A \cdot v, \text{ m}^3/\text{s},$$

Gdje su:

Q – količina protoka ulja, m^3/s ,

A – površina poprečnog presjeka cilindra, m^2 ,

v – brzina kretanja cilindra, m/s .

Površina poprečnog presjeka cilindra dobije se iz izraza za površinu kružnice:

$$A = \frac{d_c^2 \pi}{4}, \text{ m}^2$$

Gdje su:

A – površina poprečnog presjeka cilindra, m^2 ,

d_c – promjer cilindra, m,

Snaga (teorijska) pumpe izračuna se iz vrijednosti količine protoka ulja i tlaka ulja u pumpi:

$$P_p = Q \cdot p_p, \text{ W}$$

Gdje su:

P_p – snaga pumpe, W,

Q – količina protoka pumpe, m^3/s ,

p_p – tlak pumpe, Pa.

Stvarna snaga pumpe manja je od teorijske snage pumpe zbog gubitaka rada pumpe.

$$P_{st} = \frac{P_{teor}}{\eta_p}, \text{ W}$$

Gdje su:

P_{st} – stvarna (korisna) snaga pumpe, W,

P_{teor} – teorijska snaga pumpe, W,

η_p – korisnost pumpe.

S promjenom frekvencije vrtnje pogonskog motor pumpe prema zakonu afiniteta mijenjaju se količina protoka ulja u pumpi, tlak u pumpi i snaga pumpe. Te promjene prenose se tako na silu cilindra odnosno silu na podizajnom koloturnika te se time utječe na nosivost odnosno opterećenje na vilicama. Prema jednadžbi zakona afiniteta s kvadratom promjena frekvencije vrtnje pogonskog motora pumpe mijenja se tlak ulja u pumpi:

$$\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 = \frac{p_1}{p_2}$$

Gdje je:

n_1 – frekvencija vrtnje novonastalog stanja, min^{-1} ,

n_2 – frekvencija vrtnje u prethodnog stanju, min^{-1} ,

p_1 – tlak pumpe u novonastalom stanju, Pa,

p_2 – tlak pumpe u prethodnom stanju, Pa.

Pored ograničenja nosivosti tereta ovisnom o snazi pumpe postoji ograničenje opterećenosti viličara teretom s obzirom i na njegovu statičku stabilnost. Naime, često treba uzeti u obzir mogućnost naginjanja cijelog vozila prema naprijed (uz podizanje stražnjih kotača). Na stabilnost vozila ima utjecaj i različitost smještanja tereta na vilici, odnosno udaljenost težišta tereta na početku, sredini ili kraju vilice te udaljenost težišta viličara prema prednjoj osovini, osloncu. Tako se dopušteno opterećenje na vilicama može izraziti iz sume momenata oko prednje osovine:

$$\Sigma M_A = 0$$

$$G_t = \frac{G_v \cdot a}{b}, \text{N}$$

Gdje je:

M_A – suma momenata oko prednje osovine viličara, Nm,

G_t – težina tereta na vilicama, N,

G_v – težina viličara, N,

a – udaljenost težišta tereta od prednje osovine viličara, m,

b – udaljenost težišta viličara od prednje osovine viličara, m.

Vozilo pri kretanju pogonskom snagom savladava otpore kotrljanja, otpore klizanja i ostale otpore. Tako je snaga na obodu pogonskih kotača viličara P_o jednaka snazi kojom se savladavaju otpori kotrljanja i klizanja.

$$P_o = P_f + P_\delta = P_f + P_o \cdot \delta, \text{W}$$

Gdje je:

P_o – snaga na obodu kotača, W

P_f – snaga potrebna za savladavanje otpora kotrljanja, W,

P_δ – snaga potrebna za savladavanje otpora klizanja, W,

δ – koeficijent klizanja.

Potrebna snaga na obodu kotača u slučaju savladavanja otpora iznosi:

$$P_o = \frac{P_f}{1 - \delta} = \frac{(m_t + m_v)g \cdot f \cdot v_{tr}}{1 - \delta}, \text{ W}$$

Gdje su:

P_o – snaga na obodu kotača, W

P_f – snaga potrebna za savladavanje otpora kotrljanja, W,

δ – koeficijent klizanja,

m_t – masa tereta, kg,

m_v – masa viličara, kg,

g – težno ubrzanje, (stalnica **konstanta** sile gravitacije, 9,81), m/s^2 ,

f – koeficijent otpora kotrljanja,

v_{tr} – brzina transportiranja (obodna brzina valjka), m/s.

Klizanje predstavlja gubitak brzine odnosno razliku između stvarne i teorijske brzine.

$$\delta = \frac{v_t - v_s}{v_t} 100, \%$$

Gdje su:

δ – koeficijent klizanja,

v_t – teorijska brzina, m/s,

v_s – stvarna brzina, m/s.

Iz gore navedenih jednadžbi odnos koeficijenta klizanja, obodne snage i snage otpora kotrljanju, glasi:

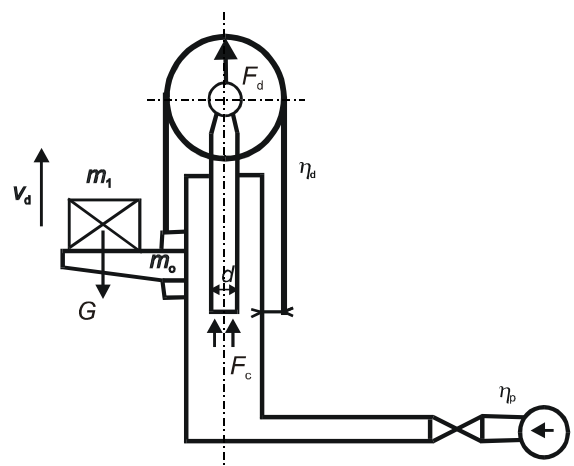
$$\delta = 1 - \frac{P_f}{P_o}$$

22. Čelni viličar ima izveden hidrostatski prijenos energije za dizanje tereta kao na slici. Težina je tereta i vilice 40 kN, tlak u cilindru za vrijeme dizanja 40 bara, brzina dizanja tereta 0,18 m/s. Korisnost je pumpe $\eta_p = 0,6$ te korisnost podizanja

$\eta_d = 0,9$.

Traži se:

- masa tereta i pokretnog dijela sustava za podizanje, kg,
- promjer cilindra, mm,
- protok ulja uz zadanu brzinu dizanja, dm^3/s ,



- d) teoretska snaga dizanja, kW,
 e) stvarna snaga potrebna za pogon
 pumpe, kW.

Rješenje:

$$a) m = \frac{G}{g} = \frac{40 \cdot 10^3}{9,81} = 4,1 \text{ t}$$

$$b) F_d = 2F_u = 2G = 2 \cdot 40 \cdot 10^3 = 80 \text{ kN}, \quad F_c = \frac{F_d}{\eta_d} = \frac{80 \cdot 10^3}{0,9} = 88,9 \text{ kN},$$

$$A = \frac{F}{p} = \frac{88,9 \cdot 10^3}{40 \cdot 10^5} = 0,022 \text{ m}^2 \quad d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,022}{\pi}} = 0,168 \text{ m} = 168 \text{ mm},$$

$$c) Q = A \cdot v_c = \frac{d_2 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{v_d}{2} = \frac{0,168^2 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{0,18}{2} = 0,01995 \text{ m}^3/\text{s} = 1,995 \text{ dm}^3/\text{s} = 1,995 \text{ L/s}$$

$$d) P_{\text{teor}} = Q \cdot p = 0,001995 \cdot 40 \cdot 10^5 = 7,98 \text{ kW}$$

$$e) P_{\text{str}} = \frac{P_{\text{teor}}}{\eta_p} = \frac{7,98}{0,6} = 13,3 \text{ kW}$$

23. Bočnim viličarem dižemo paket iverica složenih na paleti. Dimenzija tereta: 2,5 x 1,0 x 1,2 m. Gustoća ploča je 800 kg/m³. Visina dizanja 0,8 m. Srednja brzina dizanja 0,4 m/s. Traže se:

- a) teret koji podiže viličar, kN,
 b) radnja dizanja, kJ,
 c) teoretka snaga dizanja, kW,
 d) stvarna potrebna snaga dizanja, ukoliko je korisnost mehaničkih elemenata 0,9 a hidrostatskog prijenosa energije 0,7, kW,
 e) sila na podiznom koloturniku, kN.

Rješenje:

$$a) G = V \cdot \rho \cdot g = 2,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 800 \cdot 9,81 = 23544 \text{ N} = 23,5 \text{ kN}$$

$$b) W = G \cdot h = 23,5 \cdot 0,8 = 18,8 \text{ kJ}$$

$$c) P_{\text{teor}} = F \cdot v = 23,5 \cdot 0,4 = 9,4 \text{ kW}$$

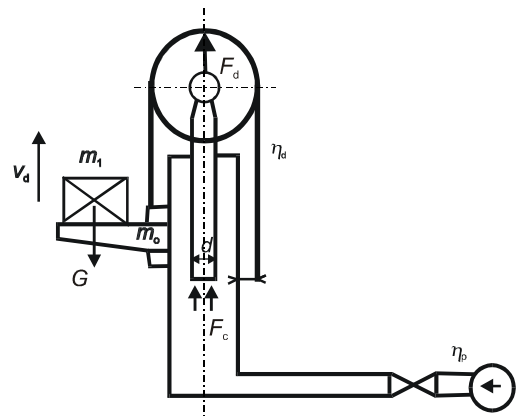
$$d) P_{\text{stv}} = \frac{P_{\text{teor}}}{\eta_m \cdot \eta_h} = \frac{9,4}{0,9 \cdot 0,7} = 14,92 \text{ kW}$$

$$e) F_d = 2G = 2 \cdot 23,5 = 47 \text{ kN}$$

24. Viličar ima izveden hidrostatski prijenos energije za dizanje tereta kao na slici. Masa je tereta i vilice 4 t, brzina dizanja tereta 0,18 m/s, promjer cilindra 160 mm. Korisnost je pumpe $\eta_p = 0,7$ te korisnost podizanja $\eta_d = 0,95$.

Traži se:

- sila na podizajnom cilindru, kN,
- tlak u cilindru pri dizanju, bar,
- protok ulja u promatranom slučaju, dm^3/s ,
- teoretska snaga za pogon pumpe (podizanje vilica), kW,
- stvarna snaga potrebna za pogon pumpe, kW.



Rješenje:

- $F_c = 82,61 \text{ kN}$, b) $p = 41,1 \text{ bara}$, c) $Q = 1,8 \text{ dm}^3/\text{s}$, d) $P_{\text{teor}} = 7,33 \text{ kW}$, e) $P_{\text{stv}} = 10,56 \text{ kW}$

25. Viličar ima izveden hidrostatski sustav za dizanje tereta kao na gornjoj slici. Pumpa radi tlakom od 40,5 bara, a za njen pogon EM treba snage 14 kW. Promjer je cilindra 160 mm a masa vilice 350 kg. Korisnost je pumpe $\eta_p = 0,6$ te korisnost podizanja $\eta_d = 0,9$.

Traži se:

- sila na podiznom cilindru, kN,
- masa tereta, kg,
- količina protoka ulja, dm^3/s ,
- brzina dizanja tereta, kN,
- masa tereta ako se frkvencija vrtnje motora poveća za 5 %, kg,

Rješenje:

- $F_c = 84,4 \text{ kN}$, b) $m = 3,4 \text{ t}$, c) $Q = 2,1 \text{ dm}^3/\text{s}$, d) $v_d = 0,2 \text{ m/s}$, e) $m = 3,77 \text{ t}$.

26. Viličar ima izveden hidrostatski sustav za dizanje tereta kao na slici. Pumpa radi tlakom od 40 bara, brzina dizanja 0,2 m/s. Promjer je cilindra 160 mm. Masa je vilice 350 kg. Korisnost je pumpe $\eta_p = 0,6$ te korisnost podizanja $\eta_d = 0,9$.

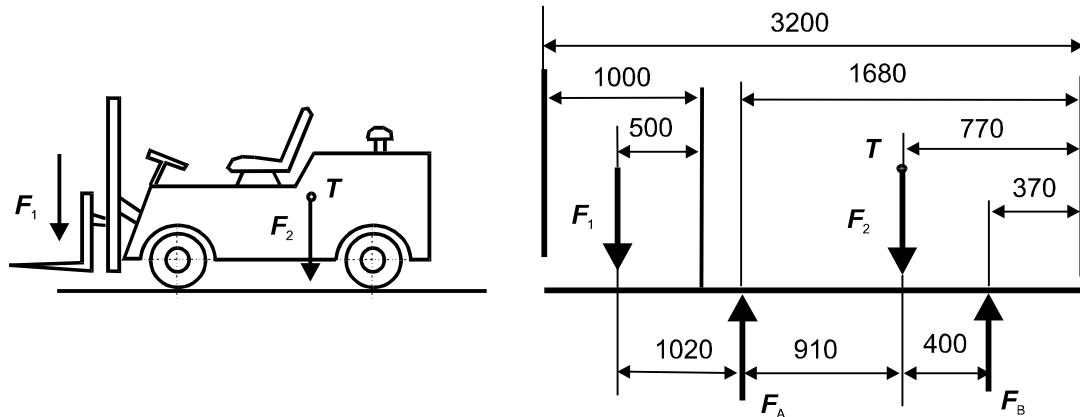
Traži se:

- ukupna sila na podizajnom koloturniku ili lančaniku, kN,
- masa korisnog tereta, kg,
- potreban protok za zadanu brzinu dizanja, m^3/s ,
- sila u lancu, kN,
- stvarna snaga potrebna za pogon pumpe, kW.

Rješenje:

- a) $F_d = 72,38$ kN, b) $m_1 = 3,34$ t, c) $Q = 2,011$ dm³/s, d) $F_L = 36,19$ kN,
 e) $P_{stv} = 13,4$ kW

27. Viličar je prikazan na slici:



Traže se:

- a) opterećenje prednjeg mosta, kN, ako je $F_1 = 20$ kN a $F_2 = 40$ kN, kN,
 b) opterećenje stražnjeg mosta, kN,
 c) kontrola proračuna pod a) i b),
 d) sila na lančaniku, kN,
 e) promjer cilindra ako je tlak ulja 160 bar i $\eta_d = 0,9$, mm.

Rješenje:

$$a) \sum M_B = 0$$

$$F_A(0,91 + 0,4) = F_1(1,02 + 0,91 + 0,4) + F_2 \cdot 0,4$$

$$F_A = \frac{20 \cdot 10^3 \cdot 2,33 + 40 \cdot 10^3 \cdot 0,4}{1,31} = 47,79 \text{ kN}$$

$$b) \sum M_A = 0$$

$$F_1 \cdot 1,02 + F_B(0,91+0,4) = F_2 \cdot 0,91$$

$$F_B = \frac{F_2 \cdot 0,91 - F_1 \cdot 1,02}{1,31} = \frac{40 \cdot 10^3 \cdot 0,91 - 20 \cdot 10^3 \cdot 1,02}{1,31} = 12,21 \text{ kN}$$

$$c) \sum y = 0, \quad F_1 + F_2 = F_A + F_B$$

$$d) F_d = 2F_u = 2G = 2F_1 = 2 \cdot 20 \cdot 10^3 = 40 \text{ kN},$$

$$\eta_d = \frac{F_d}{F_c} ; \quad F_c = \frac{F_d}{0,9} = \frac{40 \cdot 10^3}{0,9} = 44,44 \text{ kN}$$

$$e) F_c = A \cdot p = \frac{d^2 \pi}{4} p ; \quad d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_c}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 44,44 \cdot 10^3}{\pi \cdot 160 \cdot 10^5}} = 0,0595 \text{ m};$$

$$d = 59,5 \text{ mm.}$$

28. Viličar je prikazan na gornjoj slici. Težina viličara je 60 kN. Traži se :

- raspored opterećenja po mostovima bez tereta, F_A , F_B kN,
- koristan teret (F_1) ako je opterećenje prednjeg mosta $F_A = 80,6$ kN,
- koliki se teret može prevoziti ako je težište tereta na početku, sredini i kraju vilice, kN,
- kolika je obodna sila na kotaču, kN,
- ako je brzina kretanja 3,6 km/h, klizanje 6 %, otpor kotrljanja $f = 0,1$, kolika je snaga dovedena na pogonske kotače, kW.

Rješenje:

- $F_A = 18,32$ kN, $F_B = 41,68$ kN, b) $F_1 = 35,02$ kN, c) $F_1^k = 35,92$ kN, $F_1^p = 105$ kN, $F_1^{sr} = 53,53$ kN, d) $P_o = 10,1$ kW, e) $F_o = 9,5$ kN.

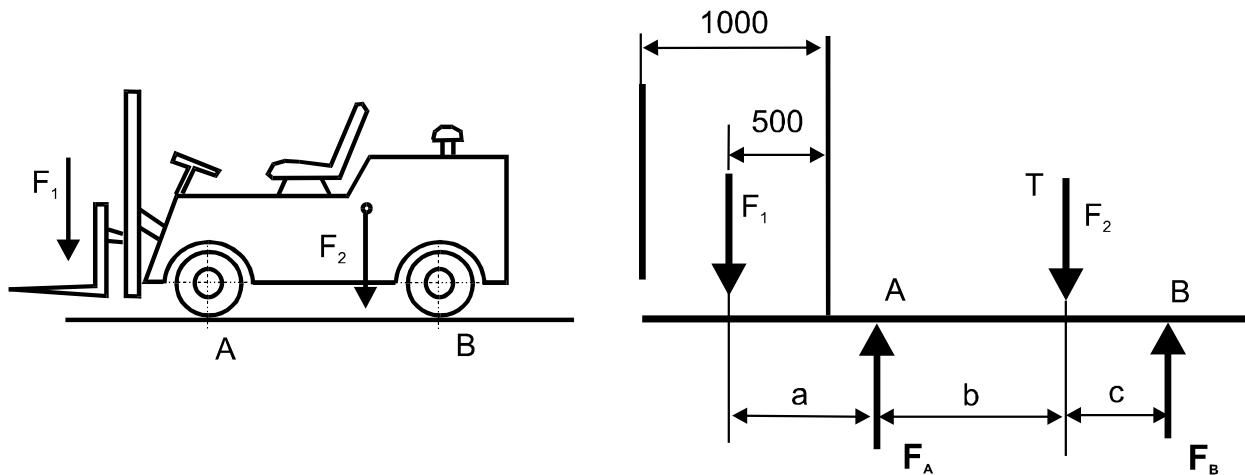
29. Viličar je prikazan na gornjoj slici. Težina viličara je 40 kN, a opterećenje prednjeg mosta $F_A = 47,8$ kN. i $\eta_d = 0,9$. Traži se:

- korisni teret F_1 , kN,
- opterećenje stražnjeg mosta, kN,
- kontrola proračuna pod a) i b),
- sila na cilindru, kN,
- tlak ulja u cilindru pri podizanju nazivnog tereta ukoliko je njegov promjer 55 mm, bar.

Rješenje:

- $F_1 = 20$ kN, b) $F_B = 12,21$ kN, c) $\Sigma y = 0$, d) $F_C = 36$ kN, e) $p = 186,88$ bara = 15,2 MPa

30. Viličar težine 60 kN prikazan je na slici. $a = 1020$ mm, $c = 400$ mm. Treba odrediti:

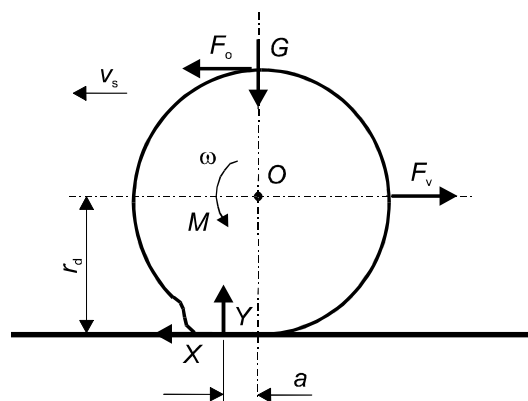


- a) udaljenost težišta viličara od prednjeg mosta bez tereta ($F_1 = 0$), a opterećenje prednjeg mosta iznosi $F_A = 18,3$ kN, m,
- b) ako je koristan teret $F_1 = 35$ kN, koliko je opterećenje po mostovima, F_A i F_B , kN,
- c) koliki se teret može prevoziti ovim viličarem ($F_B = 0$ N), kN,
- d) ako se za prevoženje tereta od 35 kN ostvaruje obodna sila na kotačima od 9,5 kN, koliki je otpor kotrljanja viličara, f ,
- e) ako je obodna snaga na kotaču 10 kW, koliko je klizanje pogonskih kotača pri brzini 3,6 km/h.

Rješenje:

- a) $b = 0,911$ m, b) $F_B = 14,46$ kN, c) $F_1 = 53,59$ kN, d) $f = 0,1$, e) $\delta = 5$ %

PRIJEVOZ TERETA (gume, pogon)



MODEL KRETANJA ELASTIČNOG KOTAČA PO TVRDOJ PODLOZI:

Pogonska sila F_o djeluje na obodu kotača te je jednaka omjeru M / r_d i treba savladati silu otpora kotrljanja $F_f = F \cdot f = (Q + G_v) f$.

Gdje su:

f - otpor kotrljanja kotača,

a - krak momenta kotrljanja,

r_d - dinamički polumjer predstavlja okomiti razmak osi kotača i uporne plohe podloge (hvatište obodne sile kotača).

Snaga potrebna za savladavanje otpora kotrljanja ovisi o faktoru otpora kotrljanja f_k i normalnoj sastavnici opterećenja kotača G (na kosini $G \cdot \cos \alpha$) te brzini vožnje.

$$P_k = G \cdot \cos \alpha \cdot f_k \cdot v, \text{ kW}$$

Koeficijent otpora kotrljanja f za gumene kotače pneumatik na različitim podlogama iznosi:

- glatki beton i asfalt 0,01,
- hrapav dobar beton 0,01...0,02,
- dobar kameni ili drveni zastor 0,02,
- oštećena cesta 0,03...0,05,
- suhi zemljani put 0,05,
- livada 0,08...0,12.

Kotači s pneumatikom upotrebljavaju se za industrijska motorna vozila i vozila javnog saobraćaja. Dijelimo ih prema tlaku u zračnici na niskotlačne (od 1 do 5 bara) i visokotlačne (preko 5 bara).

Općenito je snaga potrebna za savladavanje nekoliko glavnih otpora:

$$P = P_k + P_z + P_p + P_u + P_v$$

Gdje je:

P_k – snaga za savladavanje otpora kotrljanja,

P_z – snaga za savladavanje otpora zraka,

P_p – snaga za savladavanje otpora penjanja,

P_u - snaga za savladavanje otpora ubrzanja,

P_v - snaga za savladavanje otpora vuče.

Gustoća goriva ρ (kg/dm^3), za motore s unutarnjim izgaranjem prijevoznih sredstava, omjer je prosječne masene potrošnje goriva p_m ili masenog utroška goriva q_m ($\text{kg}/100 \text{ km}$) i volumne potrošnje goriva p_v ili volumnog utrošak goriva q_v ($\text{L}/100 \text{ km}$).

$$\rho = \frac{q_m}{q_v}, \text{ kg} / \text{ dm}^3$$

Gdje su:

ρ - gustoća goriva, kg/dm^3 ,

q_m – maseni utrošak goriva, $\text{kg}/100 \text{ km}$,

q_v - volumni utrošak goriva, $\text{L}/100 \text{ km}$.

Specifična kilometraža (masena ili volumna) V obrnuto je proporcionalna potrošnji.

$$V = \frac{1}{p_v}, \text{ km} / \text{ dm}^3$$

Gdje su:

V - specifična kilometraža (masena; volumna), km/kg ; km/dm^3 ,

p_v - volumna potrošnja goriva (ili volumni utrošak goriva), $\text{dm}^3/100 \text{ km}$.

Iskoristivost goriva omjer je dobivenog korisnog rada potrebnog za savladavanje ukupnih otpora na putu (od 100 km) i uloženog rada dobivenog izgaranjem goriva W_g .

$$\eta = \frac{W_r}{W_g}$$

Rad potreban za savladavanje ukupnih otpora W_r ovisi o ukupnoj masi m_{uk} (masi vozila i tereta), ukupnim otporima po jedinici mase R (N/t) i o prevaljenom putu l (m).

$$W_r = m \cdot R_t \cdot l, \text{ MJ/100 km}$$

Rad dobiven izgaranjem goriva ovisi o prosječnoj masenoj potrošnji goriva p_m (kg/100 km) odnosno masenom utrošku goriva q_m (kg/100 km) i donjoj ogrjevnoj vrijednosti goriva $H_d = 41,9$ MJ/kg.

$$W_g = p_m \cdot H_D, \text{ MJ/100 km}$$

$$W_g = q_m \cdot H_D, \text{ MJ/100 km}$$

31. Traktor se s prikolicom koristi za transport drvnih otpadaka. Stražnji kotač (pneumatik) ima dimenzije 12-26" (inča), širina je gume 12 inča a promjer ležišta 26 inča. Potrebno je pretpostaviti da kotač ima oblik "ringa" (torus). Tlak zraka u zračnici je 120 kPa. Tlak je okolnoga zraka 1000mbar. Temperatura 15 °C. Traže se:

- volumen zraka u zračnici za 1 kotač, dm^3 ,
- gustoća zraka u zračnici ako je temperatura u njemu jednaka okolnoj, kg/m^3 ,
- ako se u svrhu povećanja adhezijskog prijanjanja snizi pritisak u zračnici na 100 kPa, kolika će se uz istu temperaturu biti gustoća zraka u tom slučaju, kg/m^3 ,
- masa zraka jednog kotača, kg,
- koliko iznosi volumen usisnog zraka (okolnog) za punjenje zračnice jednog kotača kod prvotnog tlaka, dm^3 .

Rješenja:

- a) $V = 221 \text{ dm}^3$, b) $\rho_I = 2,66 \text{ kg/m}^3$, c) $\rho_{II} = 2,42 \text{ kg/m}^3$, d) $m = 0,588 \text{ kg}$, e) $V_I = 486,2 \text{ dm}^3$.

32. Traktor s poluprikolicom koristi se za prijevoz drvnih otpadaka iz pilane. Pogon traktora 4x2. Masa traktora je 1900 kg. Masa prikolice 900 kg. Međuosovinski razmak kotača traktora 1450 mm. Prikolica je prikopčana za traktor na visini od tla 480 mm. Na prednji most otpada 1/3 tereta. Traže se:

- sila savladavanja otpora gibanja samog traktora, ako je $f = 0,1$, N,
- sila potrebna za vuču prikolice, ako je obodu kotača traktora izmjerena sila $F_o = 11500$ N, N,
- dio opterećenja koje se uslijed vučne sile prenese s prednjeg na stražnji most traktora, N,
- udaljenost kuke (hvatište sile) od osi stražnjeg kotača (mm), ako je uslijed vertikalne sile prenijeto s prednjeg na stražnji most 1600 N (treba pretpostaviti F_v !),
- udaljenost težišta praznog traktora od stražnjeg mosta, mm.

Rješenja:

a) $F_f = 1863,9 \text{ N}$, b) $F_v = 9636,1 \text{ N}$, c) $F' = 3189,9 \text{ N}$, d) $x = 0,963 \text{ N}$, e) $l_2 = 228,95 \text{ mm}$.

33. Kamionom se vrši prijevoz montažnog namještaja. Vlastita masa dvoosovinskog kamiona iznosi 8,5 t. Nosivost kamiona je 9,5 t. Maksimalna brzina kretanja je 70 km/h. Osovinski razmak iznosi 3500 mm. Kao gorivo se koristi plinsko ulje ($\rho = 0,876 \text{ kg/dm}^3$). Na horizontalnoj cesti se troši 17,2 kg/100 km goriva, donje ogrjevne vrijednosti $H_d = 41,9 \text{ MJ/kg}$.

Traže se:

- ukupni teret (opterećenja) kamiona, kN,
- teret na prednjoj i stražnjoj osovini vozila, ako na prednju otpada 37,5 %, a na stražnju 62,5 % opterećenja, kN,
- volumni utrošak nafte, $\text{dm}^3/100 \text{ km}$,
- teorijski rad dobiven izgaranjem nafte na putu od 100 km, MJ,
- prosječna djelujuća snaga pogonskog motora na putu od 100 km uz zadanu brzinu kretanja i utrošak goriva, kW.

Rješenja:

- $G = 176,58 \text{ kN}$, b) $G_1 = 66,22 \text{ kN}$; $G_2 = 110,36 \text{ kN}$, c) $q_v = 19,66 \text{ dm}^3/100 \text{ km}$,
- $W_g = 720,68 \text{ MJ/100 km}$, e) $P_{pr} = 140 \text{ kW}$.

34. Prijevoz namještaja obavlja se tzv. **furgonom**. Ukupna bruto masa vozila iznosi 22 t. Pogonski motor je pri 2500 min^{-1} i snage 188 kW. Najveći se okretni moment postiže pri 1400 min^{-1} od 834 Nm. Prosječna brzina vozila iznosi 45 km/h. Gustoća nafte je $0,8 \text{ kg/dm}^3$. Prosječna potrošnja iznosi 35 L/100 km. Ukupni otpor iznosi 120 N/t.

Traže se:

- moment pri maksimalnoj snazi, Nm,
- elastičnost motora po momentu,
- elastičnost motora po broju okretanja,
- raspored opterećenja po osovinama ako se odnose kao 1:1,1 : 1,15, t,
- maseni utrošak goriva ($\text{kg}/100 \text{ km}$).

Rješenja:

- $M_{P_{max}} = 718,4 \text{ Nm}$, b) $e_M = 13,9 \%$, c) $e_n = 1,786$, d) I most - 6,769 t; II most - 7,446 t; III most - 7,784 t, e) $q_m = 28 \text{ kg}/100 \text{ km}$.

35. Prijevoz namještaja obavlja se **tegljačem**. Masa vozila je 9 t a nosivost 11 t. Prosječna brzina na putu od tvornice do korisnika iznosi 45 km/h. Gustoća plinskog ulja (gorivo) je $0,82 \text{ kg/dm}^3$. Prosječna potrošnja iznosi 38 L/100 km. Ukupni otpori pri srednjoj brzini iznosi 180 N/t. $H_d = 41,9 \text{ MJ/kg}$.

Traže se:

- maseni utrošak goriva, ($\text{kg}/100 \text{ km}$),
- specifična kilometraža, km/dm^3 ,

- c) izvršeni rad za savladavanje otpora na putu od 100 km, MJ,
- d) korisnost izgaranja goriva,
- e) prosječno djelujuća snaga utrošenog goriva, kW.

Rješenja:

$$a) q_m = p_v \cdot \rho = 38 \cdot 0,82 = 31,16 \text{ kg/100 km},$$

$$b) V = \frac{1}{p_v} = \frac{100}{38} = 2,63 \text{ km/dm}^3,$$

$$c) W_r = (m_t + m_0) \cdot R \cdot l = (9 + 11) \cdot 180 \cdot 10^5 = 360 \text{ MJ/100 km},$$

$$d) \eta = \frac{W_r}{W_g} = \frac{360}{1305,6} = 27,6 \text{ \%}; \quad W_g = q_m \cdot H_d = 31,16 \cdot 41,9 = 1305,6 \text{ MJ/100 km},$$

$$e) P_{pr} = \frac{W_r}{t} = \frac{360 \cdot 10^3}{8000} = 45 \text{ kW}; \quad t = \frac{s}{v} = \frac{100}{45} \cdot 3600 = 8000 \text{ s}.$$

36. Prijevoz namještaja obavlja se **kamionom**. Masa kamiona je 7,5 t, a nosivost 9,5 t. Na otvorenoj cesti kamion se kreće prosječnom brzinom 55 km/h. Kao gorivo koristi plinsko ulje gustoće $0,825 \text{ kg/dm}^3$, s potrošnjom od 19 kg/100 km. Ukupni otpor (kotrljanja i zraka) prosječno iznosi 120 N/t. Donja ogrjevna vrijednost goriva iznosi $H_d = 41,9 \text{ MJ/kg}$.

Traži se:

- a) volumni utrošak goriva i specifična kilometraža, $\text{dm}^3/100 \text{ km}$, km/dm^3 ,
- b) rad dobiven izgaranjem goriva na 100 km, MJ,
- c) rad savladavanja otpora na 100 km, MJ,
- d) korisnost izgaranja goriva,
- e) prosječno djelujuća snaga utrošenog goriva, kW.

Rješenja:

$$a) q_v = 23,03 \text{ dm}^3/100 \text{ km}; \quad V = 4,35 \text{ km/dm}^3, \quad b) W_g = q_m \cdot H_d = 796,1 \text{ MJ}, \quad c) W_r = 204 \text{ MJ},$$

$$d) \eta = 25,6 \text{ \%}, \quad e) P_{pr} = 3,11 \text{ kW}.$$

37. Kamion Mercedes 2226 (6 x 2) pregrađen je za prijevoz namještaja. Dozvoljena je ukupna masa vozila 22 000 kg. Motor OM 402 s direktnim ubrizgavanjem je snage 188 kW kod 2500 min^{-1} . Maksimalni se moment od 834 Nm ostvaruje kod 1400 min^{-1} . Prosječna brzina prijevoza je 45 km/h. Plinsko ulje je gustoće $0,8 \text{ kg/L}$. Prosječna potrošnja goriva iznosi 25 kg/100 km. Ukupni otpor iznosi 120 N/t. Donja ogrjevna vrijednost goriva iznosi $H_d = 41,9 \text{ MJ/kg}$.

Traži se:

- a) moment pri maksimalnoj snazi, Nm,
- b) snaga kod nazivnog momenta, kW,
- c) elastičnost pogonskog motora po momentu, %,
- d) elastičnost pogonskog motora po broju okretaja,
- e) raspored opterećenja po osovina ako se odnose za pojedine mostove kao 1: 1,1: 1,1, t.

Rješenja:

$$a) M_{P_{\max}} = \frac{P_{\max}}{\pi \cdot n_{P_{\max}}} = \frac{188 \cdot 10^3 \cdot 30}{\pi \cdot 2500} = 718,4 \text{ Nm}$$

$$b) P_{M_{\max}} = M_{\max} \cdot \omega = \frac{M_{\max} \cdot \pi \cdot n_{M_{\max}}}{30} = \frac{834 \cdot \pi \cdot 1400}{30} = 122,2 \text{ kW}$$

$$c) e_M = \frac{M_{\max}}{M_{P_{\max}}} = \frac{834 - 718}{834} 100 = 1,161$$

$$d) e_n = \frac{n_{P_{\max}}}{n_{M_{\max}}} = \frac{2500}{1400} = 1,786,$$

$$d) m = \frac{22000}{1 + 1,1 + 1,1} = 6875 \text{ kg}; \text{ I most - 6,875 t; II most - 7,563 t; III most - 7,906 t.}$$

38. Za kamion iz **prethodnog zadatka** se traži:

- volumni utrošak goriva, L/100 km,
- rad dobiven izgaranjem goriva na 100 km, MJ,
- rad potreban za savladavanje ukupnih otpora na putu od 100 km, MJ,
- iskoristivost goriva,
- prosječno djelujuća snaga za savladavanje otpora, kW.

Rješenja:

$$a) q_v = \frac{\rho_m}{\rho} = \frac{25}{0,8} = 31,25 \text{ L/100 km,}$$

$$b) W_g = p_m \cdot H_D = 25 \cdot 41,9 = 1047,5 \text{ MJ/100 km,}$$

$$c) W_r = m \cdot R_t \cdot l = 22 \cdot 120 \cdot 10^5 = 264 \text{ MJ/100 km,}$$

$$d) \eta = \frac{W_r}{W_g} = \frac{264}{1047,5} = 25,2 \text{ \%,}$$

$$e) t = \frac{1}{v} = \frac{100}{45} = 8000 \text{ s}; \quad P_{pr} = \frac{W_r}{t} = \frac{264}{8000} = 33 \text{ kW}$$

VITLA GRANICA – DIMENZIONIRANJE UŽETA

Vitla granika koriste se za rad s kukom kao vozna vitla na mosnim, konzolnim i razupornim granicama. Kuka može biti ovješena na koloture različite izvedbe i prijenosnim omjerima o kojima ovisi dimenzija užeta kao i omjer obodne brzine bubnja i brzine dizanja tereta. Prijenosni omjer koloturnika izračunava se iz izraza:

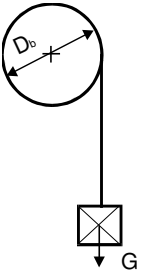
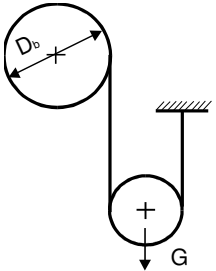
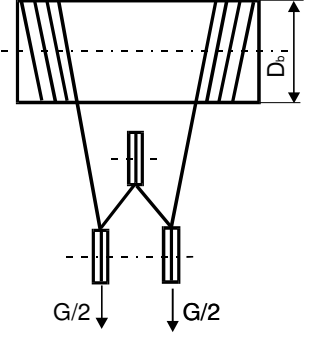
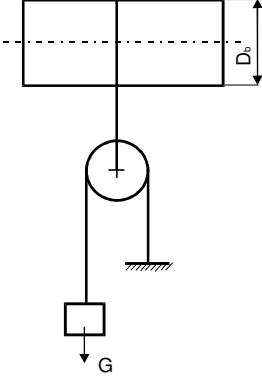
$$i_k = \frac{n_n}{n_b}$$

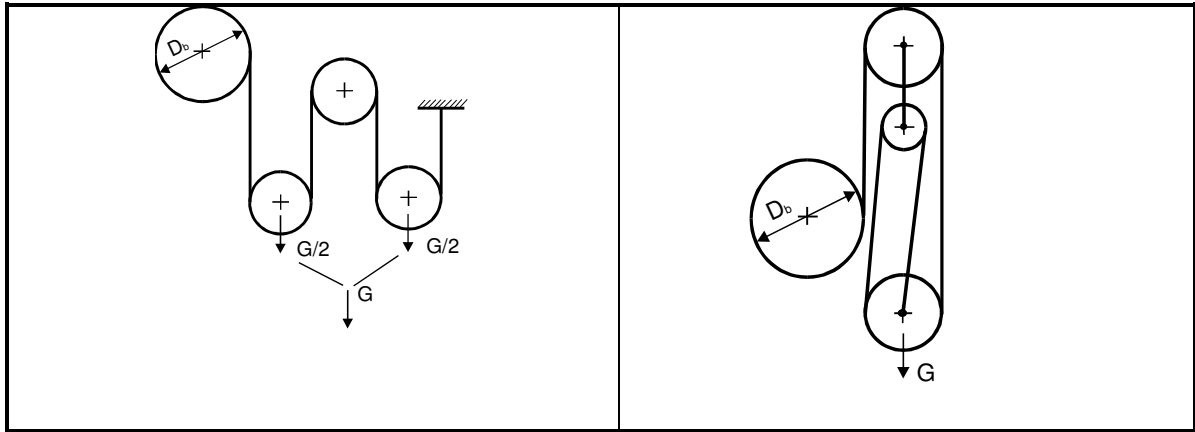
Gdje je: i_k – ukupni prijenosni omjer kolotura,

n_n – broj nosivih užeta na kojima visi teret (broj užeta iznad sklopa kuke),

n_b - broj krajeva užeta koji se namataju na bubanj (jedan ili dva kraja).

Korisnost djelovanja elektro-vitla granika čine korisnost bubnja, prijenosa, pogona i koloture. Ukupna korisnost vitla veća je u slučaju rada bez koloture.

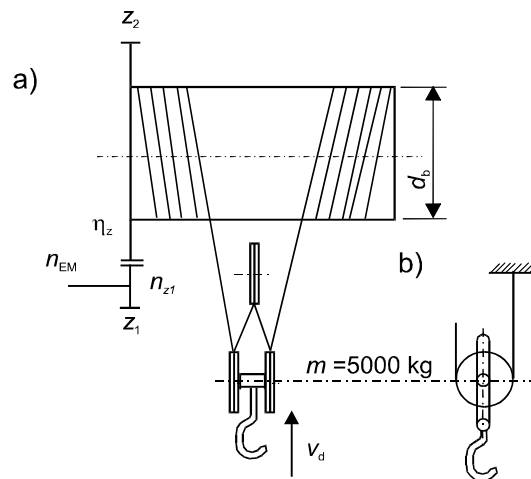
Omjeri brzine podizanja tereta i obodne brzine na bubnju	
$P_b = P_d ; F_b \cdot v_b = F_d \cdot v_d$ $F_b = F_u ; F_d = G = F_u$ $F_b = G$ $v_b = v_d$	$P_b = P_d ; F_b \cdot v_b = F_d \cdot v_d$ $F_b = F_u ; F_d = G = 2F_u$ $2F_b = G ; F_b \cdot v_b = 2F_b \cdot v_d$ $v_b = 2v_d$
	
$P_b = P_d ; F_b \cdot v_b = F_d \cdot v_d$ $F_b = 2F_u ; F_d = G = 4F_u ; F_u = G/4$ $F_b = 2G/4 = G/2 ; F_b \cdot v_b = 2F_b \cdot v_d$ $v_b = 2v_d$	$P_b = P_d ; F_b \cdot v_b = F_d \cdot v_d$ $F_b = 2F_u ; F_d = G = F_u$ $F_b = 2G ; 2G \cdot v_b = G \cdot v_d$ $2v_b = v_d ; v_b = v_d/2$
	
$P_b = P_d ; F_b \cdot v_b = F_d \cdot v_d$ $F_b = F_u ; F_d = G = 4F_u$ $F_u = G/4 = F_b ; F_u \cdot v_b = 4F_u \cdot v_d$ $v_b = 4v_d$	$P_b = P_d ; F_b \cdot v_b = F_d \cdot v_d$ $F_b = F_u ; F_d = G = 3F_u$ $F_b = G/3 = F_u ; F_u \cdot v_b = 3F_u \cdot v_d$ $v_b = 3v_d$



39. Mosni granik ima izvedeno vozno vitlo kao na slici. Čvrstoća loma pojedine žice užeta je 1600 N/mm^2 a koeficijent sigurnosti $v = 8$. Promjer bubnja je 330 mm , $z_1 = 18$, $z_2 = 54$, $\eta_z = 0,98$, $n_{EM} : n_{z1} = 30$.

Traže se:

- odabrati uže izvedbe $6(1+6+12+18) = 222$, ako je primijenjen sistem koloturnika a),
- kontrolirati najveće naprezanje užeta,
- koliki se teret može dizati odabranim užetom i koloturnikom b), kg,
- potreban zakretni moment na vratilu zupčanika z_1 za oba koloturnika, kNm,
- snaga pogonskog el. motora ($n_{EM} = 1400$), kW.



Rješenje:

$$a) F_u = \frac{mg}{4} = \frac{5000 \cdot 9,81}{4} = 12,26 \text{ kN} ; \quad A_p = \frac{v \cdot F_u}{\sigma_M} = \frac{8 \cdot 12,26 \cdot 10^3}{1600} = 61,3 \text{ mm}^2$$

UŽE: $d = 13 \text{ mm}$, $\delta = 0,6 \text{ mm}$, $A = 62,7 \text{ mm}^2$, $q = 0,6 \text{ kg/m}'$

$$b) \sigma_{uk} = \sigma_v + \sigma_s = \frac{F_u}{A_t} + CE \frac{\delta}{D} = \frac{12260}{62,7} + \frac{3}{10} \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{0,6}{330} = 195,4 + 126 = 321,42 \text{ N/mm}^2$$

$$v = \frac{\sigma_M}{\sigma_{uk}} = \frac{1600}{321,42} = 4,976$$

$$c) m = \frac{2F}{g} = \frac{12,26 \cdot 2}{9,81} = 2500 \text{ kg}$$

$$d) i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{54}{18} = 3$$

$$M_B^a = 2 \cdot F_u \cdot r = 2 \cdot 12,26 \cdot 0,165 = 4,04 \text{ kNm}$$

$$M_B^b = F_u \cdot r = 24,52 \cdot 0,165 = 4,04 \text{ kNm}$$

$$M_{z1} = \frac{M_B}{\eta_z \cdot i} = \frac{4,04}{0,98 \cdot 3} = 1,37 \text{ kNm}$$

$$e) P_{meh} = M_{z1} \cdot \omega = M \frac{\pi n_{EM}}{i \cdot 30} = 1,37 \frac{\pi \cdot 1400}{30 \cdot 30} = 6,7 \text{ kW}$$

40. Za **mosni granik iz gornjeg primjera** treba izračunati:

a) brzinu dizanja s koloturnikom a), m/s,

b) brzinu dizanja s koloturnikom b), m/s,

c) kinetičku energiju nazivnog tereta u toku dizanja, J,

d) visinu dizanja ako je potencijalna energija dignutog nazivnog tereta 196 kJ, m,

e) centrifugalnu silu koja djeluje na komadić bubnja mase 0,1 kg koji se nalazi na obodu bubnja, N.

Rješenje:

$$a) n_B = \frac{n_{EM}}{90} = \frac{1400}{90} = 15,56 \text{ min}^{-1}$$

$$v_d = \frac{v_B}{2} = \frac{r_B \cdot \omega}{2} = \frac{D_B \cdot \pi \cdot n_B}{2 \cdot 60} = \frac{0,33 \cdot \pi \cdot 15,56}{120} = 0,134 \text{ m/s}$$

$$b) v_d = 0,134 \text{ m/s}$$

$$c) E_k^a = \frac{m \cdot v_d^2}{2} = \frac{5000 \cdot 0,134^2}{2} = 44,89 \text{ J}$$

$$E_k^b = \frac{m \cdot v_d^2}{2} = \frac{2500 \cdot 0,134^2}{2} = 22,45 \text{ J}$$

$$d) h^a = \frac{E_p}{m \cdot g} = \frac{196000}{5000 \cdot 9,81} = 3,99 \text{ m}$$

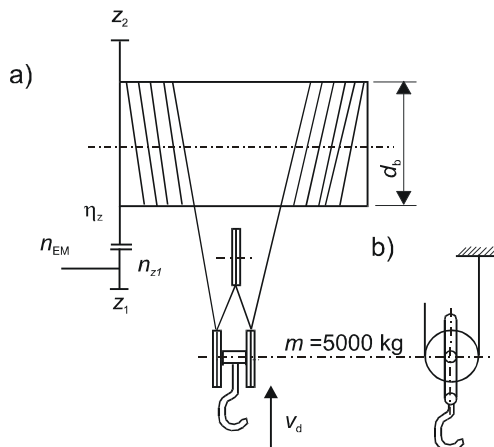
$$h^b = 8 \text{ m}$$

$$e) F_c = \frac{m \cdot v_B^2}{r} = \frac{0,1 \cdot 0,268^2}{0,165} = 0,044 \text{ N}$$

41. Mosni granik ima izvedeno vozno vitlo kao na slici. Uže je izvedbe 6(1+6+12+18), nazivnog promjera 13 mm. Čvrstoća loma pojedine žice užeta je 1600 N/mm^2 a koeficijent sigurnosti $v = 8$. Promjer bubnja je 330 mm, $z_1 = 18$, $z_2 = 54$, $\eta_z = 0,98$, $n_{EM} = 1400 \text{ min}^{-1}$, $n_{EM} : n_{z1} = 30$.

Traži se:

- sila loma u užetu ako je konačni koeficijent sigurnosti u užetu $v = 4,5$, kN,
- nosivost granika s koloturnikom a), kg,
- nosivost granika s koloturnikom b), kg,
- brzina dizanja za oba koloturnika, m/s,
- snaga pogonskog elektromotora, kW.



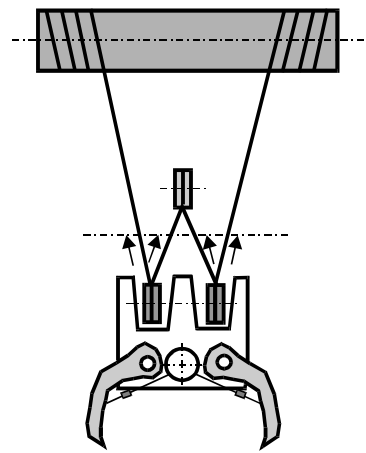
Rješenje:

- $F_u = 14,4 \text{ kN}$, b) $m^a = 5,87 \text{ t}$, c) $m^b = 2,94 \text{ t}$, d) $v_d^a = v_d^b = 0,134 \text{ m/s}$,
- $P_{meh}^a = 7,87 \text{ kW}$, $P_{meh}^b = 3,94 \text{ kW}$.

42. Razuporni granik služi za manipulaciju trupcima na stovarištu pilane. Nosivost granika je 5 t čistog tereta. Masa hvatača za trupce je 0,5 t. Hvatač je vezan s voznim čeličnim vitlom kao na slici. Promjer bubnja je 0,3 m. Pogonski elektromotor je snage 11,1 kW. Izvedba užeta je 6(1+6+12+18) = 222 žice + jezgre od čelika vlačne čvrstoće 1600 N/mm^2 .

Traže se:

- sila u užetu u slučaju dizanja nazivnog tereta, kN,
- dimenzije užeta uz koeficijent nazivnog tereta, kN,



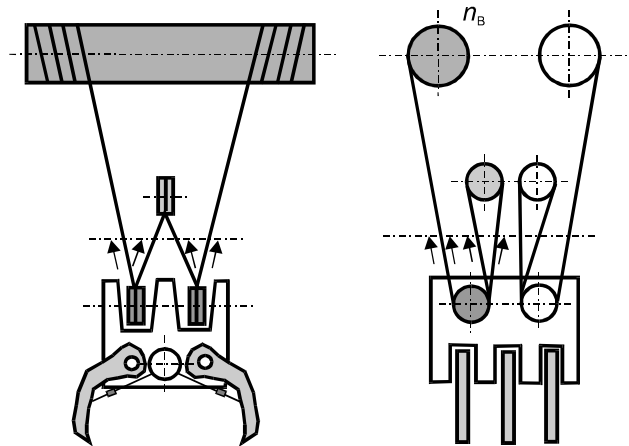
- c) kontrola najvećeg naprezanja uz odnos $\delta/D = 1/500$,
 d) brzina dizanja ako je korisnost pogona voznog
 vitla 0,9, m/s,
 e) frekvencija vrtnje ako se namota jedan red užeta, s^{-1} .

Rješenje:

- a) $F_u = 13,5$ kN, b) $A = 67,5$ mm², UŽE: $d = 14$ mm, $\delta = 0,65$ mm, $A = 73,6$ mm², $q = 0,70$ kg/m',
 c) $v = 5,17$ (visok),
 d) $v_d = 0,183$ m/s, e) $n_B = 0,366$ s⁻¹.

43. Razuporni granik služi za manipulaciju trupcima na stovarištu. Vozno vitlo ima 2 bubnja kako je prikazano na shemi. Promjer bubnja je 0,3 m, a brzina vrtnje 25 min⁻¹. Uže je izvedbe 6(1+6+12+18), promjera 14 mm. Traži se:

- a) dopuštena sila u užetu ako je koeficijent sigurnosti na vlak $\nu = 8,35$, kN,
 b) nosivost granika, t,
 c) konačni koeficijent sigurnosti,
 d) brzina dizanja, m/s,
 e) kolika je korisnost vitla ako je kod dizanja nazivnog tereta na bubanj doveden zakretni moment od 4700 Nm.



Rješenje:

- a) $F_u = 14,1$ kN, UŽE: $d = 14$ mm, $\delta = 0,65$ mm, $A = 73,6$ mm²,
 $q = 0,70$ kg/m', b) $m = 11,5$ t, c) $v = 4,4$ (zadovoljava), d) $v_d = 0,196$ m/s, e) $\eta = 0,9$.

44. Razuporni granik iz gornjeg primjera služi za manipulaciju trupcima na stovarištu. Uže je izvedbe 6(1+6+12+18) i nazivnog promjera 14 mm. Brzina vrtnje bubnja je 25 min⁻¹. Masa hvatača za trupce iznosi 1,5 t.

Traže se:

- a) nosivost granika ako je sila u užetu kod dizanja nazivnog tereta 14,1 kN, t,

- b) stvarni koeficijent sigurnosti,
 c) brzina dizanja ako je snaga dizanja 22,6 kW, m/s,
 d) promjer bubnja, mm,
 e) zakretni moment na osovini bubnja ako je korisnost vitla 0,8, Nm.

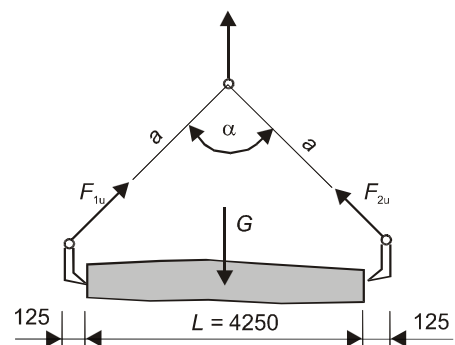
Rješenje:

- a) $m_n = 10$ t, b) ($\sigma_{uk} = 317$ N/mm²) $v = 5$, c) $v_d = 0,2$ m/s, d) $D_B = 0,306$ m, e) $M = 5\,395$ Nm.

45. Hvatanje trupca prilikom dizanja dizalicom vrši se na način prikazan crtežom. Vrsta je drva bukovina. Gustoća $\rho_o = 690$ kg/m³. Vlaga drva $u = 75$ %, $\alpha_v = 0,18$. Dužina trupca $L = 4,25$ m, promjer trupca 38 cm. Čvrstoća loma pojedine žice Če-užeta 1600 N/mm². Koeficijent sigurnosti $v = 8$, $a = 2,6$ m.

Traži se:

- a) gustoća bukovog trupca zadane vlage, kg/m³,
 b) težina trupca, N,
 c) kut α između razapetih čeličnih užeta, °,
 d) sila F_1 u čeličnom užetu, mm²,
 e) potrebni presjek če-užeta, mm²,



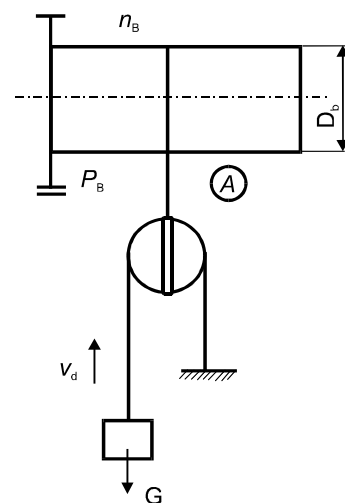
Rješenje:

- a) $\rho_v = 1\,023,3$ kg/m³, b) $G = 4\,838,6$ N, c) $\alpha = 119,86$ °, d) $F_u = 4\,828,4$ N, e) $A = 24,14$ mm².

46. Granik ima izvedeno vitlo kako je prikazano na skici. Nosivost je 2700 kg. Promjer bubnja je 300 mm, a broj okretaja 16 min⁻¹.

Traže se:

- a) brzina dizanja, m/s,
 b) snaga na bubnju kod dizanja nazivnog tereta, kW,
 c) odabrati uže A izvedbe $6(1+6+12)=114$,
 d) kontrolirati najveće naprezanje užeta,
 e) visina dizanja ako je izvršen rad od 50 kJ za dizanje nazivnog tereta, m.



Rješenje:

$$a) v_b = \frac{r\pi \cdot n}{30} = \frac{0,15\pi \cdot 16}{30} = 0,25 \text{ m/s}$$

$$v_d = 2v_b = 2 \cdot 0,25 = 0,503 \text{ m/s,}$$

$$b) P_B = 2F_u \cdot v_b = 2 \cdot 2700 \cdot 9,81 \cdot 0,25 = 13,3 \text{ kW}$$

$$c) F_B = 2F_{uA} = 2G \quad F_{uA} = 2G = 2mg = 2 \cdot 2700 \cdot 9,81 = 52,97 \text{ kN};$$

$$A = \frac{8F_{uA}}{\sigma_{\max}} = \frac{8 \cdot 52974}{1600} = 264,87 \text{ mm}^2$$

$$\text{U\text{Z}\text{E}: } d = 28 \text{ mm}, \delta = 1,8 \text{ mm}, A = 290 \text{ mm}^2, q = 2,75 \text{ kg/m'}$$

$$d) \sigma_{\text{uk}} = \frac{F_{uA}}{A_t} + \text{CE} \frac{\delta}{D} = \frac{52974}{264,87} + \frac{3}{10} 2,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{1,8}{300} = 578$$

$$v = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\text{uk}}} = \frac{1600}{578} = 2,77; \quad v \text{ ne odgovara } (3,5 - 4,5)$$

$$e) W = G h; \quad h = \frac{W}{G} = \frac{50 \cdot 10^3}{2700 \cdot 9,81} = 1,89 \text{ m}$$

47. Čelično uže za dizalicu nosivosti 3 t. Teret se veže preko koloture na 4 kraka užeta. Koeficijent sigurnosti $v = 8$. Čvrstoća loma pojedine žice 1600 N/mm^2 .

Traže se:

- masa tereta koja otpada na jedno uže, t,
- odgovarajuća sila za dimenzioniranje užeta, kN,
- proračunska sila loma, kN,
- potrebni presjek čelične žice, mm^2 ,
- izbor užeta izvedbe $6(1+6+12+18) = 222$ žice + jezgra.

Rješenje:

a) $m = 0,75 \text{ t}$, b) $F_u = 7,36 \text{ kN}$, c) $F_L = 58,88 \text{ kN}$, d) $A = 36,8 \text{ mm}^2$, e) UŽE: $d = 11 \text{ mm}$, $\delta = 0,5 \text{ mm}$, $A = 43,6 \text{ mm}^2$, $q = 0,41 \text{ kg/m'}$.

REŠETKA ZA TREŠNJU PILJEVINE

Rešetka za prosijavanje krupnijeg pilanskog otpada vibrira pokretima ojničkog mehanizma pogonjenog elektromotorom. Brzine kretanja oboda mehanizma koje se prenose na rešetku mijenjaju se od 0 do v_{\max} po sinusoidi. Površina ispod sinusoide za pola okretaja (od 0 do π) približno je jednaka površini pravokutnika stranica v_{sr} i π .

$$P_{\text{sr}} \cong P_{\text{sin}}$$

$$P_{\text{sin}} = \int_0^{\pi} \sin x dx = -\cos x \Big|_0^{\pi} = -\cos \pi - (-\cos 0^\circ) = 1 + 1 = 2$$

Tako je izraz iz navedenih površina za srednju brzinu:

$$v_{sr} = \frac{P_{sr}}{\pi} = \frac{P_{sin}}{\pi} = \frac{2}{\pi}$$

Gdje su:

v_{sr} – srednja brzina oboda ojničkog mehanizma, m/s,

P_{sr} – površina pravokutnika stranica v_{sr} i π ,

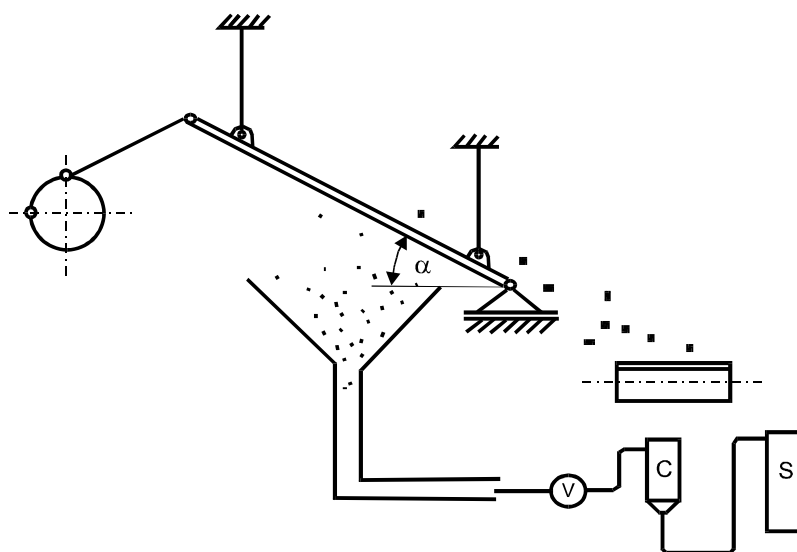
P_{sin} – površina sinusoide.

Najveća brzina na četvrtini okretaja iznosi $\sin \pi/2$ a u odnosu na srednju brzinu rešetke iznosi:

$$v_{max} = \frac{\pi}{2} v_{sr}$$

48. Rešetka za trešnju piljevine i otpadaka montirana je na izlazu ispod jarmače, a prije usisnog ušća uređaja za odsisavanje. Frekvencija oscilacija iznosi 120 min^{-1} . Amplituda oscilacija je 12 mm. Nagib je rešetke 6° . Traže se:

- frekvencija oscilacije rešetke, Hz,
- srednja brzina rešetke (sita), m/s,
- max. brzina rešetke ako je promjena brzine pretpostavljena sinusoidama, m/s,
- prenosni omjer pogona rešetke ako se pogoni 6-polnim elektromotorom s 960 min^{-1} ,
- koeficijent trenja sipkog materijala ako je kut rešetke upravo jednak kutu trenja.



Rješenje:

$$a) f = \frac{f_m}{60} = \frac{120}{60} = 2 \text{ Hz,}$$

$$b) v_{sr} = 2 A \cdot f_s = 2 \cdot 12 \cdot 2 = 48 \text{ mm/s} = 0,048 \text{ m/s,}$$

$$c) P_{\sin} = \int_0^{\pi} \sin x dx = -\cos x \Big|_0^{\pi} = -\cos \pi - (-\cos 0^\circ) = 1 + 1 = 2$$

$$v_{sr} = \frac{P_{sr}}{\pi} = \frac{P_{\sin}}{\pi} = \frac{2}{\pi}; \quad v_{\max} : v_{sr} = 1 : \frac{2}{\pi}; \quad P_{sr} = P_{\sin};$$

$$v_{\max} = \frac{\pi}{2} v_{sr} = \frac{\pi}{2} 0,048 = 0,075 \text{ m/s}$$

$$d) i = \frac{n_{em}}{n_v} = \frac{960}{120} = 8$$

$$e) \mu = \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 6^\circ = 0,105$$

49. Rešetka za trešnju piljevine i otpadaka montirana je na izlazu ispod jarmače, a prije usisnog ušća uređaja za odsisavanje. Frekvencija oscilacija iznosi 2 Hz. Srednja brzina sita je 0,048 m/s. Koeficijent trenja piljevine $\mu = 0,105$.

Traže se:

- frekvencija oscilacije rešetke, min^{-1} ,
- amplituda oscilacije rešetke (sita), mm,
- max. brzina rešetke ako je promjena brzine pretpostavljena sinusoidama, m/s,
- kut nagiba sita (α) ako je jednak kutu trenja piljevine,
- kolika je brzina vrtnje elektromotora ako je prijenosni odnos od EM do rešetke $i = 8$, min^{-1} .

Rješenje:

$$a) f = 120 \text{ min}^{-1}, \quad b) s = 12 \text{ mm}, \quad c) 0,075 \text{ m/s}, \quad d) \alpha = 6^\circ, \quad e) n_{EM} = 960 \text{ min}^{-1}.$$

ZRAČNI KONVEJERI

TEORIJSKE ZNAČAJKE RADA ZRAČNIH KONVEJERA

Prilikom strujanja zraka razlikuju se:

- statički tlak* - predstavlja tlak među česticama zraka koje se kreću ili potencijalnu energiju

zračne struje na tom presjeku. Izražava se kao veći (nadlak) ili manji (podtlak) od okolnog zraka i mjeri uz stijenku cijevi.

Kako predstavlja sadržaj potencijalne energije može se izraziti na slijedeći način:

$$p_{st} = \frac{E_p}{V_z} = \frac{m \cdot g \cdot h}{V_z} = \rho \cdot g \cdot h, \text{ Pa}$$

b) *dinamički tlak* - određuje kinetičku energiju u presjeku gdje je mjereno i uvijek je pozitivan, a kao sadržaj kinetičke energije izražava se jednadžbom:

$$p_{din} = \frac{E_k}{V_z} = \frac{m \cdot v^2}{2 \cdot V_z} = \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \text{ Pa}$$

c) *ukupni tlak (totalni)* zračne struje predstavlja sumu statičkog i dinamičkog tlaka izmjerenih na istom mjestu presjeka cijevi. Ovaj tlak može biti pozitivan ili negativan ovisno o dijelu cjevovoda gdje je izmjeren.

$$p_{tot} = p_{st} + p_{din} = p_{st} + \frac{\rho \cdot v^2}{2},$$

gdje je: v_z - brzina zraka, m^3

Bernulijeva jednadžba određuje vezu među tlakovima i brzinama zračne struje u različitim presjecima cjevovoda.

$$p_{st1} + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} = p_{st2} + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2} + \Delta p$$

gdje su : v_1 i v_2 - srednje brzine zračne struje u različitim presjecima cijevi

p_{st1} i p_{st2} - statički tlakovi u različitim presjecima

Δp - gubitak tlaka, nastao zbog otpora strujanja zraka na dijelu cjevovoda između presjeka 1 i 2.

ρ - gustoća zraka, kg/m^3

Ista jednadžba izražava zakon održanja energije pretvaranjem iz jednog oblika (npr. mirovanja - statičkog tlaka) u drugi (npr. gibanje - dinamički tlak) uz gubitak jednog dijela energije ili tlaka nastalog prilikom promjene oblika odnosno otpora strujanja zraka.

Gubitak tlaka zbog otpora pri strujanju zraka gustoće (ρ) brzinom (v) daje Darcyjeva formula:

$$\Delta p = \xi_{r.c.} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \text{ Pa}$$

gdje je: $\xi_{r.c.}$ - koeficijent gubitaka za ravne cijevi.

Relativni faktor ušća ili prijemnika (ξ_u) se za praktične proračune uzima da iznosi 0,3 a Svjatkov za različite izvedbe ušća navodi iznose od 0,6 do 1,3. U navedeni faktor otpora ušća uključeno je i početno ubrzanje mlaza zraka. U najvećem presjeku prijemnika brzina zrakom mora iznositi 60 do 80 % brzine u cijevi. Da bi došlo do sigurnog povlačenja čestica drva zračnom strujom, brzina mora biti na mjestu

sudara u ušću 8-10 m/s, a ovisno o brzini zraka u cijevi. Gubitak tlaka u prijemniku ili ušću (Δp_u) je umnožak dinamičkog tlaka i relativnog faktora ušća (ξ_u)

$$\Delta p_u = \xi_u \cdot \frac{\rho \cdot v_{ul}^2}{2} \text{ [Pa]}$$

gdje je: v_{ul} - brzina zraka u prijemniku

ρ - gustoća zraka.

Faktor otpora trenja $\xi_{r.c.}$ ili ξ_2 :

$$\xi_{r.c.} = \lambda \frac{l}{d}$$

gdje je: λ - faktor trenja

l - duljina cijevi, m

d - promjer cijevi, m.

Faktor trenja (λ) ovisi o Reynoldsovom broju (R_e) i relativnoj hrapavosti cijevi te režimu strujanja. Formula Blessa za faktor trenja je:

$$\lambda = 0,0125 + \frac{0,0011}{d}$$

Faktor otpora koljena (ξ_k ili ξ_3) je otpor kretanju zračne struje u luku ovisan o:

- obliku presjeka cijevi (okruglih, četvrtastih),
- kroju koljena, i ;
- kutu luka, (korekcijski faktor $-f_1$);
- udaljenosti (l_T) kuta od izvora turbulencije (korekcijski faktor $-f_2$);
- omjeru r/d (korekcijski faktor $-\xi_{90}^{r/d}$).

gdje je: r - polumjer simetrane koljena,

d - promjer cijevi.

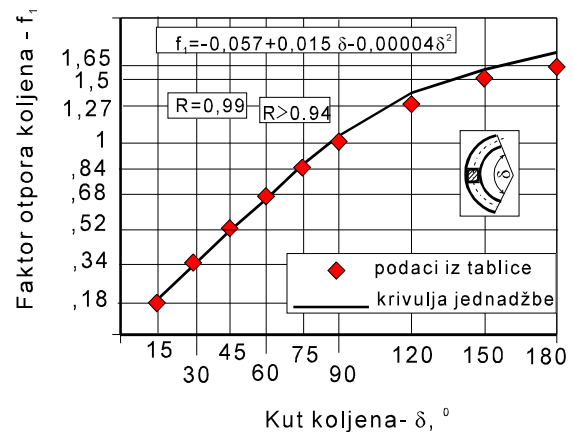
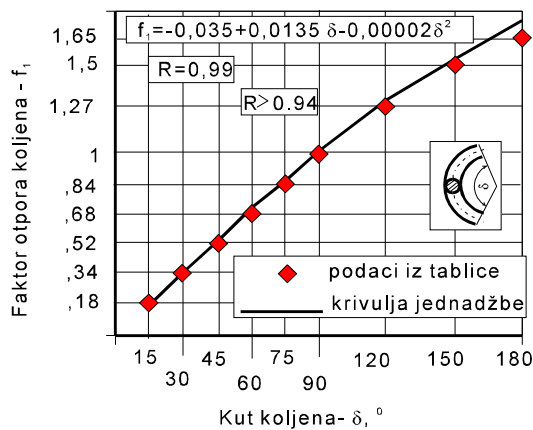
$$\xi_k = i \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot \xi_{90}^{r/d}$$

Korekcijski faktori iz navedenog obrasca nalaze se u tablicama 1, 2 i 3, a nakon regresijske analize jednadžbe izgledaju kao na slikama 1, 2, 3 i 4.

Pojedinačne vrijednosti u dijagramima, prikazanih navedenim slikama, dobivene su pomoću tablice ali se krivuljom jednadžbe izjednačenja može za bilo koju vrijednost x varijable (kut koljena, udaljenost od izvora turbulencije ili odnosa radijusa i i promjera) saznati pripadni korekcijski faktor otpora.

Tablica 1. f_1 - korekcijski faktor kuta koljena δ

δ	15	30	45	60	75	90	120	150	180
okruglo	0,18	0,34	0,52	0,68	0,84	1	1,27	1,5	1,65
kvadratno	0,18	0,35	0,53	0,69	0,86	1	1,22	1,34	1,42



Slika 1. Dijagrami s krivuljama izjednačenja prikazuju zavisnost faktora otpora koljena f_1 okruglog odnosno kvadratnog presjeka o kutu

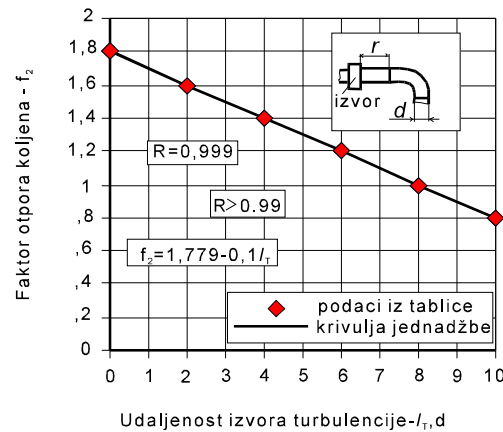
Komentar: Zapaža se povećanje korekcijskog faktora otpora s povećanjem kuta koljena. Skretanjem zračne struje s pravocrtnog gibanja nastaje pripadajući gubitak tlaka koji uzrokuje ulaganje razmjerno više energije.

Kut koljena je onaj kut koji zatvaraju pravci kretanja zračne struje prije i nakon skretanja odnosno okomice na te pravce.

U izvedbi se cjevovoda ugrađuju koljena uštrih kuteva jer tada zračna struja zakreće od pravca 0° prema pravom kutu 90° i korekcijski je faktor manji od 1. Npr. nije poželjno ugraditi koljena kuta zakretanja zračne struje većeg od 90° jer tako zračna struja dobiva povratni smjer.

Tablica 2. f_2 - korekcijski faktor udaljenosti koljena od izvora turbulencije l_T

l_T	$< 3d$	$> 3d$	$> 5d$	$> 8d$
f_2	1,8	1,5	1,3	1



Slika 2. Dijagrami s krivuljama izjednačenja prikazuju zavisnost faktora otpora koljena o udaljenosti izvora turbulencije

Komentar: Zapaža se smanjenje korekcijskog faktora s većom udaljenosti koljena od izvora turbulencije (ventilatora ili drugog koljena).

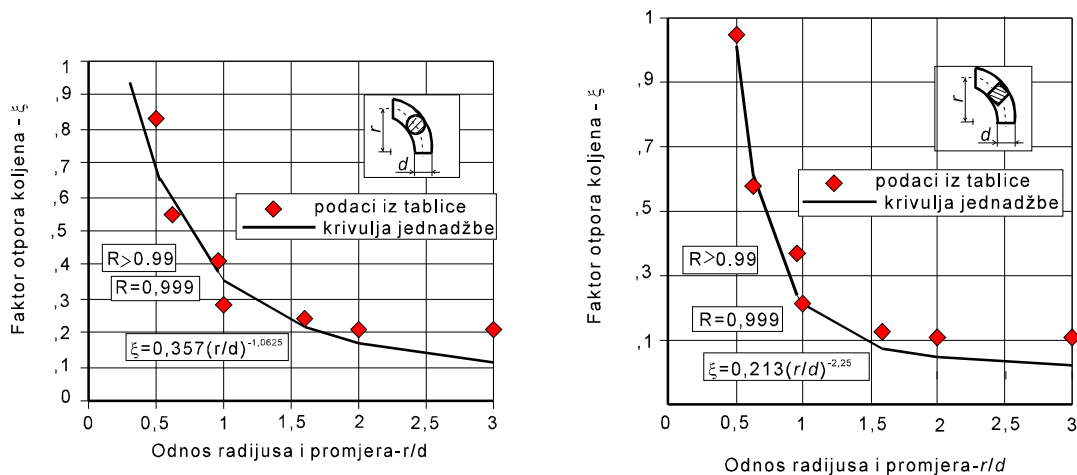
Da bi se zračna struja smirila (od turbulentne do laminare), potrebna je duljina cijevi od 8 njenih promjera. Nakon te duljine korekcijski faktor iznosi 1.

U izvedbi se cjevovoda izbjegava ugradnja koljena udaljenog manje od 8 promjera cijevi od ventilatora ili drugog koljena.

Približnim određivanjem padova statičkog i totalnog tlaka odnosno mjerenjem U-tekućinskim manometrom potrebno je odabrati dio cjevovoda s laminarnim strujanjem koje nastaje tek nakon 8 promjera od izvora turbulencije.

Tablica 3. $\xi^{r/d}_{90}$ faktor otpora koljena okruglih i kvadratičnih cijevi za kut luka 90°

r/d	0,00	0,5	0,625	0,75	1,0	1,5	2,0	3,0
okruglo	0,95	0,83	0,55	0,41	0,28	0,24	0,21	0,21
kvadratično	1,15	1,05	0,58	0,37	0,21	0,13	0,11	0,11



Slika 3. Zavisnost faktora otpora koljena okruglog odnosno kvadratnog presjeka o odnosu radijusa koljena r i promjera cijevi d

Komentar: Povećanjem se omjera r/d ili radijusa koljena r uz stalnu vrijednost promjera cijevi, smanjuje vrijednost korekcijskog faktora.

Otpor strujanju zraka se smanjuje s povećanjem promjera luka kružnice.

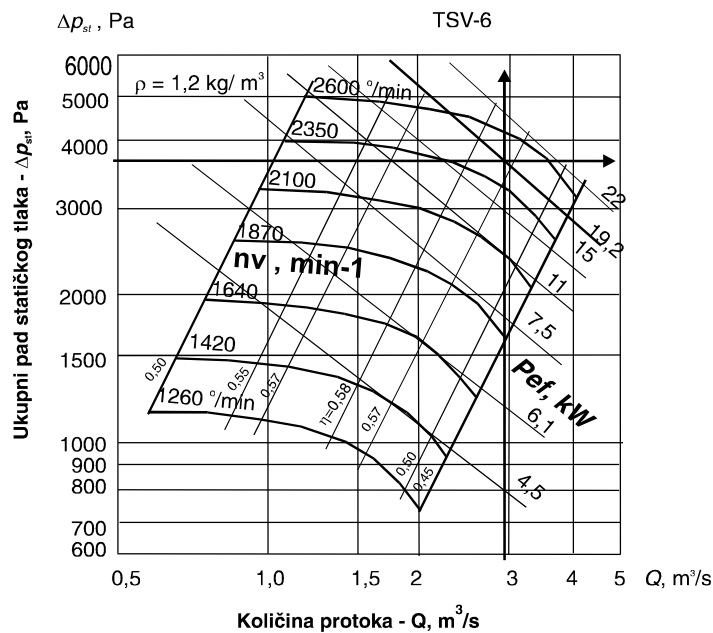
Zbog smanjenja otpora strujanju zraka, koljena trebaju imati što veću vrijednost omjera polumjera i promjera cijevi.

Ventilator se odabire iz dijagrama statičkih tlakova očitanjem vrijednosti sljedećih veličina: - tip ventilatora (npr. TSV-6, TSV-12...),

- efektivna snaga P_{ef} ili mehanička snaga potrebna za rad ventilatora, P_{mv} ,
- frekvencija vrtnje rotora ventilatora, n_v ,
- korisnost rada ventilatora, η_v .

Očitavanje je moguće određivanjem točke u dijagramu pomoću koordinata ili ulaznih veličina:

- ukupni statički tlak, Δp_{st} u sustavu (postiže se radom ventilatora a zbroj je podtlaka i pretlaka),
- količina protoka, Q kroz ventilator.



Slika 1. Dijagram statičkih tlakova

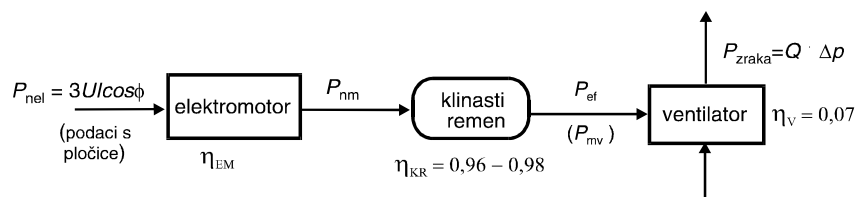
Elektromotor se odabire prema ventilatoru čiji rad osigurava:

- izračunavanjem **nazivne mehaničke snage**,

$$P_{nm} = P_{ef} \cdot 1,12, \text{ kW}$$

gdje je efektivna snaga uvećana 10 % zbog predimenzioniranja i 2 % (2 - 4 %) zbog gubitaka na klinastom remenu.

- određivanjem **frekvencije vrtnje** elektromotora (n_{em}) odabirom trofaznog asinhronog elektromotora s jednim (npr. 2800 min⁻¹), dva (1450 min⁻¹) ili tri (950 min⁻¹) para polova.



Slika 2. Shematski prikaz gubitaka od električne snage elektromotora do snage zraka

VREĆASTI FILTRI

50. Vrećasti filter se koristi za odvajanje drvene prašine u pogonu polirnice. Niz se sastoji od 32 vreće pomjera 800, visine 1400 mm. Ulazna brzina zraka je 14 m/s, $\rho_{\text{smj}} = 1,3 \text{ kg/m}^3$. Traže se:

- ukupna površina filtera, m^2 ,
- kapacitet filtera uz pretpostavljenu brzinu zraka od 0,05 m/s, m^3/s ,
- dinamički tlak struje zraka na ulazu u filter, Pa,
- pad tlaka u filteru uz $\xi_c = 2,1$, Pa,
- teoretska snaga za savladavanje otpora filtera, W.

Rješenja:

- $A = n \cdot D\pi \cdot h = 32 \cdot 0,8\pi \cdot 1,4 = 112,59 \text{ m}^2$
- $Q = A \cdot v = 112,59 \cdot 0,05 = 5,63 \text{ m}^3/\text{s}$
- $p_{\text{din}} = \frac{v^2}{2} \rho_{\text{smj}} = \frac{14^2}{2} \cdot 1,3 = 127,4 \text{ Pa}$
- $\Delta p_c = p_{\text{din}} \cdot \xi_c = 127,4 \cdot 2,1 = 267,54 \text{ Pa}$,
- $P_t = Q \cdot \Delta p_c = 5,63 \cdot 267,54 = 1506,25 \text{ W}$

51. Vrećasti filteri se koriste za odvajanje drvene prašine ukupne površine $16,6 \text{ m}^2$. Promjer vreće $\phi 600 \text{ mm}$, visina 1100 mm. Traži se:

- broj vreća,
- ako je kapacitet filtera $0,83 \text{ m}^3/\text{s}$, kolika je brzina strujanja zraka iz filtera, m/s,
- kolika je brzina zraka na ulazu u filter ako je njegova gustoća $1,2 \text{ kg/m}^3$ a dinamički pritisak 154 Pa , m/s,
- koliki je specifični otpor filtera ako je pad tlaka u filteru 246 Pa ,
- promjer cjevovoda na ulazu u filter, mm.

Rješenja:

- $n = 8$ vreća, b) $v = 0,05 \text{ m/s}$, c) $v = 16,02 \text{ m/s}$, d) $\xi = 1,597$ e) $d = 0,257 \text{ m}$.

52. Vrećasti filteri se koriste za odvajanje drvene prašine. Promjer vreća $d = 60 \text{ cm}$, visina 110 cm. Broj vreća: 8. Traži se:

- ukupna površina filtera, m^2 ,
- uz pretpostavljenu brzinu strujanja zraka kroz vreće od 0,05 m/s, koliki je kapacitet filtera, m^3/s ,
- dinamički pritisak struje zraka na ulazu u filter, ako je $v = 16 \text{ m/s}$, a $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$, Pa,
- pad tlaka u filteru uz $\xi = 1,6$, Pa,
- teorijska snaga za savladavanje otpora filtera, W.

Rješenja:

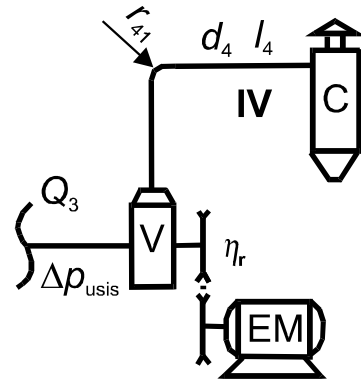
- $A = 16,59 \text{ m}^2$, b) $Q = 0,829 \text{ m}^3/\text{s}$, c) $p_{\text{din}} = 153,6 \text{ Pa}$, d) $\Delta p = 245,76 \text{ Pa}$, e) $P_t = 203,74 \text{ W}$.

53. Pneumatski konvejer izveden je prema slici. Razmatra se samo tlačni dio sustava.

Zadano: $\rho_{\text{mat}} = 0,35 \text{ kg/m}^3$, stanje usisnog zraka: $18 \text{ }^\circ\text{C}$, 1020 hPa , $Q_3 = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, $v = 18 \text{ m/s}$, $r_4 = 2d_4$, $l_4 = 60 \text{ m}$, $\Delta p_{\text{usis}} = 1800 \text{ Pa}$.

Traže se:

- gustoća smjese, kg/m^3 ,
- otpori tlačne cijevi ($\Sigma \xi$),
- Δp_4 , Pa,
- ξ_c (otpor ciklona) ako je mjerenjem utvrđen $\Delta p_c = 500 \text{ Pa}$,
- teoretska snaga potrebna za pogon ventilatora, kW
(odabrati ventilator i EM).



Rješenja:

$$a) \rho_{\text{smj}} = \rho_z + \rho_{\text{pilj}} = 1,221 + 0,35 = 1,571 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_z = \frac{p_{\text{atm}}}{R \cdot T} = \frac{1020 \cdot 10^2}{287 \cdot 291} = 1,221 \text{ kg/m}^3 \quad ; \quad T = 273 + 18^\circ = 291 \text{ K}$$

$$b) \Sigma \xi_{\text{IV}} = \xi_2 + \xi_3 = 5,776 + 0,21 = 5,986$$

$$\xi_2 = \lambda \cdot \frac{l_4}{d_4} = \left(0,0125 + \frac{0,0011}{0,19}\right) \frac{60}{0,19} = 5,776$$

$$d_4 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_4}{\pi \cdot v_4}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,5}{\pi \cdot 18}} = 0,188 \approx 190 \text{ mm}$$

$$\xi_3 = 1 \cdot 0,21 \cdot 1 = 0,21$$

$$c) \Delta p_4 = p_{\text{din}} \cdot \Sigma \xi = \frac{v^2}{2} \rho_{\text{smj}} \Sigma \xi = \frac{18^2}{2} \cdot 1,571 \cdot 5,986 = 1523,5 \text{ Pa},$$

$$d) \xi_c = \frac{\Delta p_c}{\frac{v^2 \rho}{2}} = \frac{2 \cdot 500}{18^2 \cdot 1,571} = 1,965$$

$$e) p_{\text{uk}} = \Delta p_{\text{usis}} + \Delta p_4 + \Delta p_c = 1800 + 1523,5 + 500 = 3823,5 \text{ Pa}$$

$$P_z = Q \cdot \Delta p_{\text{uk}} = 0,5 \cdot 3823,5 = 1911,75 \text{ W} \approx 1,9 \text{ kW}$$

(TSV- 4; $P_{\text{ef}} = 3 \text{ kW}$; $n_v = 3475 \text{ min}^{-1}$; $P_{\text{mn}} = 3,4 \text{ kW}$; $n_{\text{em}} = 2800 \text{ min}^{-1}$)

54. Pneumatski konvejer izveden je prema (gornjoj) slici.

Zadano: $\rho_{\text{smj}} = 1,3 \text{ kg/m}^3$, promjere cijevi zaokružiti na po 5 mm. $Q_3 = 0,46 \text{ m}^3/\text{s}$, $v = 17,7 \text{ m/s}$, $r_4 = 2d_4$, $l_4 = 20 \text{ m}$, $\xi_c = 1,7$, $\Delta p_{\text{usis}} = 1640 \text{ Pa}$. Traže se:

- otpori tlačne cijevi (4) ξ_1 , ξ_2 , ξ_3 , $\Sigma \xi$,
- Δp_4 , p_c , Pa,

- c) ukupni pad tlaka sustava Δp_{tot} , Pa,
 d) statički pad tlaka Δp_{st} , Pa,
 e) snaga potrebna za pogon ventilatora, $\eta_v = 0,8$ i $\eta_r = 0,96$, kW
 (odabrati ventilator i EM).

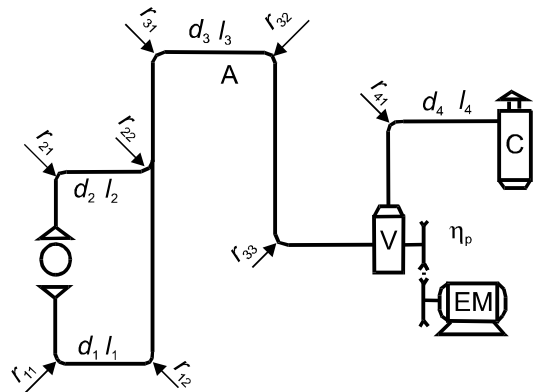
Rješenja:

- a) $\xi_1 = 0$; $\xi_2 = 2,068$; $\xi_3 = 0,21$; $\Sigma \xi = 2,278$, b) $\Delta p_4 = 485,1$ Pa; $\Delta p_c = 362,01$ Pa,
 c) $\Delta p_{\text{tot}} = 2700,1$ Pa, d) $\Delta p_{\text{st}} = 2487,1$ Pa, e) $P_{\text{em}} = 1,49$ kW.
 (TSV- 4; $P_{\text{ef}} = 2$ kW; $\eta_v = 0,52$; $n_v = 2757 \text{ min}^{-1}$; $P_{\text{mn}} = 2,25$ kW; $n_{\text{em}} = 2800 \text{ min}^{-1}$)

55. Uređaj za odsisavanje piljevine od kružne pile sa 2 odsisna ušća prikazan je na slici. Tijekom godine je na sličnom stroju ustanovljen napad od 360 t piljevine. Radilo se kroz 200 dana 7,5 sati dnevno. $d_1 = d_2 = 120$ mm, $v_1 = 18$ m/s, $v_2 \approx v_1$, $l_1 = 3,2$ m, $l_2 = 1,1$ m, $l_3 = 12$ m, $l_4 = 9,5$ m, $r_{11} = r_{12} = 3d_1$, $r_{21} = 0,625 d_2$, $r_{22} = 3d_2$, $r_{31} = r_{32} = r_{33} = 1,0d_3$, $r_4 = 3d_4$. (otpore uzeti prema J.L.Aldenu). Stanje okolnoga zraka: 15 °C, 1020 hPa, $R = 287$ J/kgK, $v_3 \geq v_2$, $v_4 = v_3$, $\xi_c = 2,2$, $\eta_p = 0,97$.

Traže se:

- a) gustoća okolnoga zraka, kg/m^3 ,
 b) satna količina napada piljevine, kg/h ,
 c) približna gustoća transportirane smjese, kg/m^3 ,
 d) Δp_1 , Δp_2 , Pa, v_2 , m/s,
 e) Q_1 , Q_2 i Q_3 , m^3/s .



Rješenja:

$$\text{a) } \rho_z = \frac{p_{\text{atm}}}{R \cdot T} = \frac{1020 \cdot 10^2}{287 \cdot (273 + 15)} = 1,234 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{b) } Q_\tau = \frac{m}{t} = \frac{360000}{200 \cdot 7,5} = 240 \text{ kg/h}$$

$$\text{c) } v_1 = v_2 \quad Q_3 = Q_1 + Q_2 = 2 \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} v_1 = 2 \frac{0,12^2 \cdot \pi}{4} 18 = 0,407 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\rho_{\text{pilj}} = \frac{q_\tau}{Q} = \frac{240}{0,407 \cdot 3600} = 0,1638 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{smj}} = \rho_{\text{zr}} + \rho_{\text{pilj}} = 1,234 + 0,1638 = 1,398 \text{ kg/m}^3 \approx 1,4 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{d) } \Sigma \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 = 0,3 + 0,578 + 0,42 = 1,298$$

$$\xi_1 = 0,3$$

$$\xi_2 = \lambda \cdot \frac{l_1}{d_1} = \left(0,0125 + \frac{0,0011}{0,12}\right) \frac{3,2}{0,12} = 0,578$$

$$\xi_3 = 2 \cdot 0,21 = 0,42$$

$$\Delta p_1 = p_{\text{din}} \cdot \Sigma \xi = \Sigma \xi \frac{v^2}{2} \rho_{\text{smj}} = 1,398 \frac{18^2}{2} \cdot 1,298 = 293,9 \text{ Pa,}$$

$$\Delta p_2 = \Delta p_1$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p_2}{\rho_{\text{smj}} \cdot \Sigma \xi_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 293,9}{1,4 \cdot 1,2586}} = 18,26 \text{ m/s,}$$

$$\Sigma \xi = 0,3 + 0,1986 + 0,76 = 1,2586$$

$$\xi_1 = 0,3$$

$$\xi_2 = \lambda \cdot \frac{l_1}{d_1} = \left(0,0125 + \frac{0,0011}{0,12}\right) \frac{1,1}{0,12} = 0,1986$$

$$\xi_3 = 0,21 + 0,55 = 0,76$$

$$\text{e) } Q_1 = \frac{d_1^2 \pi}{4} v_1 = \frac{0,12^2 \pi}{4} 18 = 0,204 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$Q_2 = \frac{d_2^2 \pi}{4} v_2 = \frac{0,12^2 \pi}{4} 18,26 = 0,2065 \text{ m}^3/\text{s}; Q_3 = 0,411 \text{ m}^3/\text{s}.$$

56. Uređaj za odsisavanje piljevine od kružne pile sa 2 odsisna ušća prikazan je na (gornjoj) slici. Tijekom godine je na sličnom stroju ustanovljen napad od 36 t piljevine. Radilo se kroz 20 dana 7,5 sati dnevno. $d_1 = d_2 = 120 \text{ mm}$, $v_1 = 18 \text{ m/s}$, $v_2 \approx v_1$, $l_1 = 3,2 \text{ m}$, $l_3 = 12 \text{ m}$, $l_4 = 9,5 \text{ m}$,

$r_{11} = r_{12} = 3d_1$, $r_{21} = 2d_2$, $r_{22} = 3d_2$, $r_{31} = r_{32} = r_{33} = 1,0d_3$, $r_4 = 0,625d_4$. (otpore uzeti prema J.L.Aldenu). Stanje okolnoga zraka: $20 \text{ }^\circ\text{C}$, 1020 mbar , $R = 287 \text{ J/kgK}$,

$$v_3 \geq v_2, v_4 = v_3, \xi_c = 2,2, \eta_p = 0,97.$$

Traže se:

- gustoća smjese, kg/m^3 ,
- duljina cjevovoda 2, m,
- podtlak na ulazu u ventilator, Pa,
- pretlak na izlazu iz ventilatora, Pa,
- potrebna snaga EM ako ventilator radi s korisnošću od 0,72, kW, odabрати ventilator i EM.

Rješenja:

$$\text{a) } \rho_{\text{smj}} = 1,377 \text{ kg/m}^3, \text{ b) } l_1 = l_2 = 3,2 \text{ m, c) } p_{\text{usis}} = 772,15 \text{ Pa, d) } p_{\text{tl}} = 844,26 \text{ Pa,}$$

$$\text{e) } P_{\text{em}} = 951,79 \text{ W}$$

$$(\text{TSV- 4; } P_{\text{ef}} = 1,1 \text{ kW; } \eta_v = 0,54; n_v = 2170 \text{ min}^{-1}; P_{\text{mn}} = 1,24 \text{ kW; } n_{\text{em}} = 2800 \text{ min}^{-1})$$

57. Na kružnoj pili izvedeno je odsisavanje s 2 odsisna ušća. Masa napadane piljevine po 1 m^3 iznosi 0,2 kg. $d_1 = d_2 = 125 \text{ mm}$, $v_1 \geq 20 \text{ m/s}$, $v_2 \approx v_1$, $l_1 = 3,2 \text{ m}$, $l_2 = 2,6 \text{ m}$, $l_3 = 12 \text{ m}$, $l_4 = 9,5 \text{ m}$, $r_{11} = r_{12} = 2d_1$, $r_{21} = 0,75d_2$, $r_{22} = 2d_2$, $r_{31} = r_{32} = r_{33} = 1,5d_3$, $r_4 = 2d_4$, $\rho_{\text{zraka}} = 1,22 \text{ kg/m}^3$, $v_3 = v_2$, $\xi_c = 2,7$, $\eta_p = 0,97$, $\eta_{\text{EM}} = 0,8$.

Traže se:

- gustoća smjese, kg/m^3 ,
- Δp_1 i Δp_2 , Pa, v_2 , m/s,
- Q_1 , Q_2 , Q_3 , m^3/s ,

- d) Δp_3 i Δp_4 , Δp_c , Pa,
 e) $\Sigma \Delta p$, Pa i P_{el} , kW, odabrali ventilator i EM.

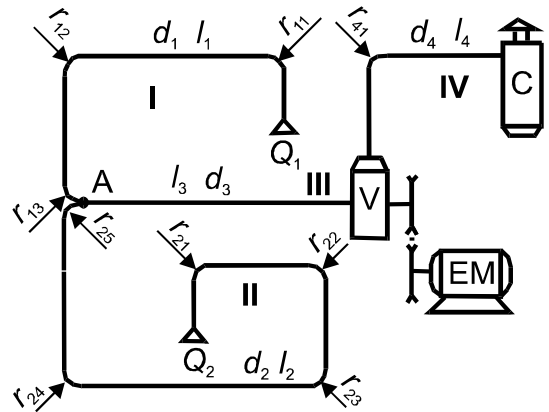
Rješenja:

- a) $\rho_{smj} = 1,42 \text{ kg/m}^3$, b) $\Delta p_1 = \Delta p_2 = 359,3 \text{ Pa}$, $v_2 = 19,27 \text{ m/s}$, c) $Q_1 = 0,245 \text{ m}^3/\text{s}$;
 $Q_2 = 0,237 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_3 = 0,482 \text{ m}^3/\text{s}$, d) $\Delta p_3 = 505,73 \text{ Pa}$; $\Delta p_4 = 307,45 \text{ Pa}$; $\Delta p_c = 696,42 \text{ Pa}$,
 e) $\Sigma \Delta p = 1868,9 \text{ Pa}$, $P_{em} = 1,33 \text{ kW}$.
 (TSV- 4; $P_{ef} = 1,5 \text{ kW}$; $\eta_v = 0,55$; $n_v = 2484 \text{ min}^{-1}$; $P_{mn} = 1,7 \text{ kW}$; $n_{em} = 2800 \text{ min}^{-1}$)

58. Uređaj za odsisavanje piljevine izveden je kao na slici. Zadano: $Q_1 = 600 \text{ m}^3/\text{h}$, $v_1 = 16 \text{ m/s}$, $l_1 = 15 \text{ m}$, $r_{11} = r_{12} = r_{13} = 2d_1$, $Q_2 = 1127 \text{ m}^3/\text{h}$, $v_2 \geq v_1$, $d_2 = 150 \text{ mm}$, $r_{21} = \dots = r_{25} = 2d_2$, $l_3 = 8 \text{ m}$, $v_3 \geq v_2$ i v_1 . Padovi tlaka u čvorištima moraju biti jednaki $l_4 = 20 \text{ m}$, $v_4 = v_3$, $r_{41} = 2d_4$, $\rho_{sm} = 1,35 \text{ kg/m}^3$, $\eta_p = 0,96$, $\xi_c = 1,7$.

Traže se:

- a) d_1 , mm,
 b) pad tlaka u cjevovodu I, Pa,
 c) duljina cjevovoda II, m,
 d) skok tlaka u ventilatoru, Pa,
 e) potrebna snaga elektromotora, kW,
 odabrali ventilator i EM.



Rješenja:

$$\text{a) } d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot v_1}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 600}{\pi \cdot 16 \cdot 3600}} = 0,11516 \text{ m} ; d_1' = 115 \text{ mm};$$

$$v_1' = v_1 \left(\frac{d}{d'} \right)^2 = 16 \left(\frac{0,11516}{0,115} \right)^2 = 16,05 \text{ m/s}$$

$$\text{b) } p_{din} = \frac{v^2}{2} \rho_{smj} = \frac{16,05^2}{2} \cdot 1,35 = 172,8 \text{ Pa},$$

$$\xi_1 = 0,3$$

$$\xi_2 = \lambda \cdot \frac{l_1}{d_1} = \left(0,0125 + \frac{0,0011}{0,115} \right) \frac{15}{0,115} = 2,878$$

$$\xi_3 = 3 \cdot 0,21 = 0,63$$

$$\Sigma \xi^I = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 = 0,3 + 2,878 + 0,63 = 3,808$$

$$\Delta p_1 = p_{din} \cdot \Sigma \xi = 3,808 \cdot 172,8 = 658,02 \text{ Pa},$$

$$\text{c) } v_2 = \frac{4 \cdot Q^2}{d_2^2 \cdot \pi} = \frac{4 \cdot 1127}{3600 \cdot 0,15^2 \cdot \pi} = 17,72 \text{ m/s},$$

$$\Sigma \xi^{\text{II}} = \frac{2 \cdot \Delta p_2}{v_2^2 \cdot \rho_{\text{smj}}} = \frac{2 \cdot 658,02}{17,72^2 \cdot 1,35} = 3,105$$

$$\xi_1 = 0,3$$

$$\xi_3 = 5 \cdot 0,21 = 1,05$$

$$\xi_2 = \Sigma \xi - (\xi_1 + \xi_3) = 3,102 - 1,35 = 1,752$$

$$l_2 = \frac{\xi_2 \cdot d_2}{\lambda} = \frac{1,752 \cdot 0,15}{\left(0,0125 + \frac{0,0011}{0,15}\right)} = 13,25 \text{ m}$$

$$\text{d) } Q_3 = Q_1 + Q_2 = \frac{600 + 1127}{3600} = 0,479 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_3}{\pi \cdot v_3}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,479}{\pi \cdot 17,72}} = 0,186 \text{ m}$$

$$d_3' = 185 \text{ mm}$$

$$v_3' = 17,72 \left(\frac{0,18552}{0,185}\right)^2 = 17,82 \text{ m/s}$$

$$\xi_2^{\text{III}} = \lambda \cdot \frac{l_3}{d_3} = \left(0,0125 + \frac{0,0011}{0,185}\right) \frac{8}{0,185} = 0,798$$

$$\Delta p_3 = \Sigma \xi \frac{v^2}{2} \rho_{\text{smj}} = 0,798 \frac{17,82^2}{2} \cdot 1,35 = 171,05 \text{ Pa}$$

$$\xi_2^{\text{IV}} = \lambda \cdot \frac{l_4}{d_4} = \left(0,0125 + \frac{0,0011}{0,185}\right) \frac{20}{0,185} = 1,994$$

$$\xi_3 = 0,21$$

$$\Sigma \xi^{\text{IV}} = \xi_2 + \xi_3 = 1,994 + 0,21 = 2,204$$

$$\Delta p_4 = \Sigma \xi \frac{v^2}{2} \rho_{\text{smj}} = 2,204 \frac{17,82^2}{2} \cdot 1,35 = 472,42 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_c = \xi_c \frac{v^2}{2} \rho_{\text{smj}} = 1,7 \frac{17,82^2}{2} \cdot 1,35 = 364,39 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{\text{uk}} = \Delta p_1 + \Delta p_3 + \Delta p_4 + \Delta p_c = 658,02 + 171,05 + 472,42 + 364,39 = 1665,88 \text{ Pa},$$

$$\text{e) } P_{\text{em}} = \frac{P_z}{\eta_p \cdot \eta_v} = \frac{1665,88 \cdot 0,479}{0,96 \cdot 0,7} = 581,84 \text{ W}$$

$$(\text{TSV- 4; } P_{\text{ef}} = 1,3 \text{ kW; } \eta_v = 0,56; n_v = 2316 \text{ min}^{-1}; P_{\text{mn}} = 1,47 \text{ kW; } n_{\text{em}} = 2800 \text{ min}^{-1})$$

59. Uređaj za odsisavanje piljevine izveden je kao na (gornjoj) slici. Zadano: $Q_1 = 600 \text{ m}^3/\text{h}$, $v_1 = 16 \text{ m/s}$, $l_1 = 15 \text{ m}$, $r_{11} = r_{12} = r_{13} = 2d_1$, $Q_2 = 1127 \text{ m}^3/\text{h}$, $v_2 \geq v_1$, $d_2 = 150 \text{ mm}$, $l_2 = 8 \text{ m}$, $d_2 = 150 \text{ mm}$, $r_{21} = \dots = r_{25} = 2d_2$, $l_3 = 8 \text{ m}$, $v_3 \geq v_2$ i v_1 . Padovi tlaka u čvorištima moraju biti jednaki $l_4 = 20 \text{ m}$, $v_4 = v_3$, $r_{41} = 2d_4$, $\rho_{\text{sm}} = 1,35 \text{ kg/m}^3$, $\eta_p = 0,96$, $\xi_c = 1,7$.

Traže se:

- $d_1, d'_1, \text{ mm}, Q'_1, \text{ m}^3/\text{s}$,
- pad tlaka u cjevovodu I, Pa,
- otpori u cjevovodu II,
- koliki otpor treba ugraditi u cjevovod II da bude zadovoljen uvjet $\Delta p_I = \Delta p_{II}$ uz zadani protok Q_{II} ,
- $Q_{III}, \text{ m}^3/\text{s}, d'_3, \text{ mm}, v_3, \text{ m/s}, \Delta p_{III}, \text{ Pa}, \Delta p_{\text{usis}}, \text{ Pa}$.

Vrijednosti označene sa ' odnose se na korigirane vrijednosti

Rješenja:

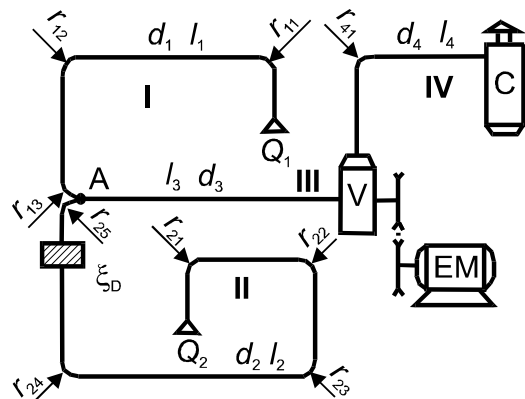
- $d_1 = 115 \text{ mm}; d'_1 = 115 \text{ mm}; Q = 0,1667 \text{ m}^3/\text{s}$, b) $\Delta p_1 = 658,02 \text{ Pa}$, c) $\xi_1 = 0,3; \xi_2 = 1,058; \xi_3 = 1,05; \Sigma \xi_{II} = 2,408$, d) $\Delta \xi_{II} = 0,697$, e) $Q_{III} = 0,479 \text{ m}^3/\text{s}; d'_3 = 185 \text{ mm}, v_3 = 17,91 \text{ m/s}; \Delta p_{III} = 172,82 \text{ Pa}; \Delta p_{\text{usis}} = 830,84 \text{ Pa}$

60. Uređaj za odsisavanje piljevine izveden je kao na slici. Zadano:

$Q_1 = 600 \text{ m}^3/\text{h}$, $d_1 = 115 \text{ mm}$, $l_1 = 15 \text{ m}$, $r_{11} = r_{12} = r_{13} = 2d_1$, $Q_2 = 1127 \text{ m}^3/\text{h}$, $v_2 \geq v_1$, $\xi_D = 0,514$, $r_{21} = \dots = r_{25} = 2d_2$, $l_3 = 8 \text{ m}$, $v_3 = v_2$, $l_4 = 20 \text{ m}$, $r_{41} = 2d_4$, $\rho_{\text{sm}} = 1,35 \text{ kg/m}^3$, $\eta_p = 0,9$, $\xi_c = 1,7$.

Traže se:

- brzina strujanja u cjevovodu I, m/s,
- promjer i brzina u cjevovodu II, mm, m/s,
- duljina cjevovoda II uz zadovoljavanje uvjeta $\Delta p_I = \Delta p_{II}$ u točki A, m,
- skok tlaka zraka u ventilatoru, Pa,
- potrebna snaga elektromotora, kW, odabrati ventilator.



Rješenja:

- $v_1 = 16,05 \text{ m/s}$, b) $d_2 = 155 \text{ mm}; v_2 = 16,68 \text{ m/s}$, c) $l_2 = 13,15 \text{ m}$, d) $\Delta p_{\text{uk}} = 1548,86 \text{ Pa}$, e) $P_{\text{em}} = 1177 \text{ W}$
(TSV- 4; $P_{\text{ef}} = 1,3 \text{ kW}; \eta_v = 0,56; n_v = 2250 \text{ min}^{-1}; P_{\text{mn}} = 1,47 \text{ kW}; n_{\text{em}} = 2800 \text{ min}^{-1}$)

61. Uređaj za odsisavanje piljevine izveden je kao na (gornjoj) slici. Zadano:

$Q_1 = 600 \text{ m}^3/\text{h}$, $d_1 = 115 \text{ mm}$, $r_{11} = r_{12} = r_{13} = 2d_1$, $d_2 = 150 \text{ m}$, $Q_2 = 1127 \text{ m}^3/\text{h}$, $v_2 \geq v_1$, $r_{21} = \dots = r_{25} = 2d_2$, $l_3 = 8 \text{ m}$, $v_3 = v_2$, $r_{41} = 2d_4$, $\rho_{\text{sm}} = 1,35 \text{ kg/m}^3$, $\eta_p = 0,96$, $\eta_v = 0,7$, $\xi_c = 1,7$.

Traže se:

- brzina strujanja u cjevovodu I, m/s,
- ako je pad tlaka u cjevovodu I 840 Pa, kolika mu je duljina, m,
- duljina cjevovoda II, m,
- ako je skok tlaka u ventilatoru 1850 Pa, kolika je duljina cjevovoda IV, m,
- potrebna snaga elektromotora, kW, odabрати ventilator.

Rješenja:

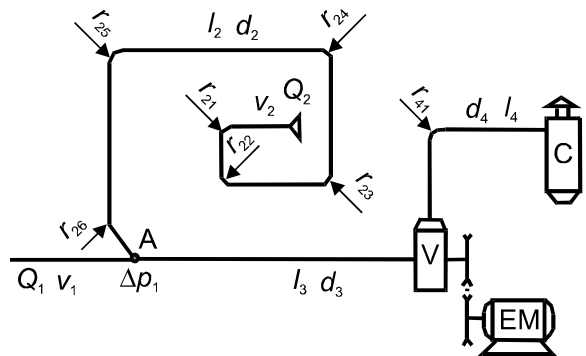
- a) $v_1 = 16,05$ m/s, b) $l_1 = 20,3$ m, c) $l_2 = 19,8$ m, d) $l_4 = 20,7$ m, e) $P_{em} = 1,32$ kW
(TSV- 4; $P_{ef} = 1,5$ kW; $\eta_v = 0,55$; $n_v = 2400$ min⁻¹; $P_{mn} = 1,7$ kW; $n_{em} = 2800$ min⁻¹)

62. Pneumatski konvejer koristi se u finalnom pogonu drvne industrije i sa jednog stroja je izveden kao na skici s ulaskom u magistralni cjevovod kroz kojeg struji $0,5$ m³/s zraka i piljevine gustoće $\rho_{smj} = 1,4$ kg/m³, brzinom $16,6$ m/s. Pad tlaka u magistralnom cjevovodu na mjestu "A" iznosi 780 Pa. Zadano: $l_2 = 15$ m, $r_{21} = r_{22} = \dots = r_{26} = 2d_2$, $v_1 \geq v_2$, $d_2 = 120$ mm, $\alpha_{26} = 75^\circ$, $l_3 = 10$ m,

$v_3 \geq v_1$, $l_4 = 25$ m, $r_4 = 1,5d_4$, $v_4 = 17$ m/s, $\xi_C = 1,7$

Traži se:

- v_2 , m/s, Q_2 , m³/s,
- Δp_{usis} , Pa,
- d_4 , mm,
- ukupni pad tlaka, Δp_{tot} , Pa,
- snaga strujanja smjese zraka i piljevine, kW, odabрати ventilator.



Rješenja:

- a) $v_2 = 16,16$ m/s, b) $\Delta p_{usis} = 939,5$ Pa, c) $d_4 = 255$ mm, d) $p_{tot} = 1956,4$ Pa, c) $P_z = 1195,1$ W
(TSV- 4; $P_{ef} = 1,85$ kW; $\eta_v = 0,575$; $n_v = 2400$ min⁻¹; $P_{mn} = 2,09$ kW; $n_{em} = 2800$ min⁻¹)

63. Pneumatski konvejer rabi se u finalnom pogonu drvne industrije za odsisavanje piljevine. Izveden je kao na (donjoj) slici. Promjere cijevi zaokružiti na po 5 mm. Razlika brzina u čvorištima smije biti do 5% . Zadano: $\rho_{smj} = 1,38$ kg/m³, $Q_1 = 0,2$ m³/s, $v_1 = 16,5$ m/s, $r_{11} = r_{12} = r_{13} = 3d_1$, $l_1 = 8$ m, $r_{21} = r_{22} = \dots = r_{25} = 2d_2$, $\alpha_{25} = 75^\circ$, $l_2 = 7,4$ m, $d_2 = 150$ mm, $v_3 \geq v_2$, i v_1 . Padovi tlakova u čvorištima moraju biti jednaki.

$l_3 = 8$ m, $l_4 = 15$ m, $r_{41} = \dots = r_{46} = 2d_4$, $\alpha_{46} = 75^\circ$, $d_4 = 120$ mm, $v_4 \geq v_3$, $l_5 = 10$ m, $v_5 \geq v_3$,

$\eta_v = 0,7$, $\eta_{kr} = 0,96$, $\eta_{EM} = 0,82$, $\xi_C = 1,75$, $r_6 = 2d_6$, $l_6 = 25$ m, $v_6 = 17$ m/s, $\Delta p_{usis} = 885$ Pa, $Q_6 = 0,657$ m³/s. Traži se:

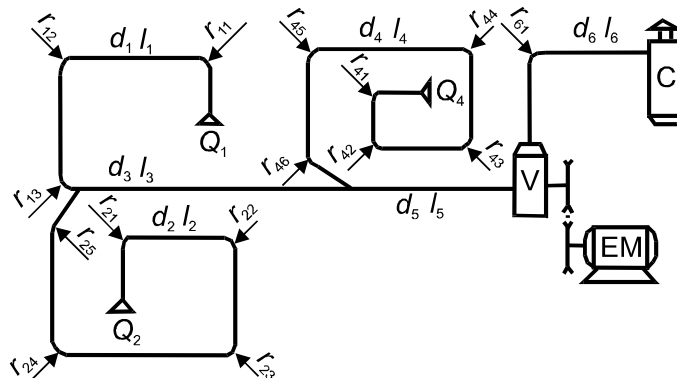
- otpori cijevi (6), ξ_1 , ξ_2 , ξ_3 , $\Sigma\xi$,
- Δp_6 , Δp_c , Pa,
- Δp_{tot} , Pa,
- teoretska snaga za pogon pneumatskog konvejera, P_{ef} , kW,
- električna snaga pogonskog elektromotora, P_{em} , kW, odabрати ventilator.

Rješenja:

- a) $\xi_1 = 0$; $\xi_2 = 1,989$; $\xi_3 = 0,21$; $\Sigma\xi = 2,199$, b) $\Delta p_6 = 438,5$ Pa; $\Delta p_c = 348,97$ Pa,
 c) $\Delta p_{tot} = 1871,87$ Pa, d) $P_{ef} = 1,57$ kW, e) $P_{el} = 1,99$ kW
 (TSV- 4; $P_{ef} = 1,85$ kW; $\eta_v = 0,575$; $n_v = 2400$ min⁻¹; $P_{mn} = 2,1$ kW; $n_{em} = 2800$ min⁻¹)

64. Pneumatski konvejer rabi se u finalnom pogonu drvne industrije za odsisavanje piljevine. Izveden je kao na slici. Vrijednosti označene sa (') odnose se na korigirane veličine. Promjere cijevi zaokružiti na po 5 mm. Razlika brzina u čvorištima smije biti do 5 %.

Zadano: $\rho_{smj} = 1,35$ kg/m³, $Q_1 = 0,2$ m³/s, $v_1 = 16,5$ m/s, $r_{11} = r_{12} = r_{13} = 3d_1$, $l_1 = 8$ m, $r_{21} = r_{22} = \dots = r_{25} = 2d_2$, $\alpha_{25} = 75^\circ$, $l_2 = 7,4$ m, $d_2 = 150$ mm, $v_3 \geq v_2$, i v_1 . Padovi tlakova u čvorištima moraju biti jednaki.



$l_3 = 8$ m, $l_4 = 15$ m, $r_{41} = \dots = r_{46} = 2d_4$, $\alpha_{46} = 75^\circ$, $d_4 = 120$ mm, $v_4 < v_3$, $l_5 = 10$ m, $v_5 \geq v_3$,
 $\eta_v = 0,7$, $\eta_r = 0,96$, $\eta_{EM} = 0,82$, $\xi_C = 1,75$, $r_6 = 2d_6$, $l_6 = 25$ m, $v_6 = 17$ m/s.

Traže se:

- a) A_1 , m², d_1 , d'_1 , mm, Q'_1 , m³/s,
 b) otpori cijevi (1), $\Sigma\xi_I$, Δp_1 , Pa, otpori cijevi (2) $\Sigma\xi_{II}$, v_2 , m/s, %-tna Δv u čvorištu, Q'_2 , m³/s,
 c) Q_3 , m³/s, d_3 , d'_3 , mm, ξ_2 , v'_3 , m/s, Δp_3 , ($\Delta p_1 + \Delta p_3$), Pa,
 d) otpori cijevi (4), $\Sigma\xi$, v_4 , m/s, Q_4 , m³/s,
 e) Q_5 , m³/s, d_5 , d'_5 , mm, ξ_2 , v'_5 , m/s, Δp_5 , Δp_{usis} , Pa.

Rješenja:

- a) $A_1 = 0,0121$ m²; $d_1 = 0,1242$ m; $d'_1 = 125$ mm; $Q'_1 = 0,2025$ m³/s,
 b) $\Sigma\xi_I = 2,293$; $\Delta p_1 = 421,38$ Pa; $\Sigma\xi_{II} = 2,293$; $v_2 = 16,5$ m/s, $\Delta v = 0$ %; $Q'_2 = 0,292$ m³/s,
 c) $Q_3 = 0,495$ m³/s, $d_3 = 0,195$ m; $d'_3 = 195$ mm, $v'_3 = 16,58$ m/s, $\Delta p_3 = 138,05$ Pa, ($\Delta p_1 + \Delta p_3$) =
 559,43 Pa, d) $\Sigma\xi_{IV} = 4,234$; $v_4 = 13,99$ m/s, $Q_4 = 0,158$ m³/s,
 e) $Q_5 = 0,653$ m³/s, $d_5 = 0,224$ m; $d'_5 = 225$ mm, $\xi_{2V} = 0,773$; $v'_5 = 16,58$ m/s; $\Delta p_5 = 143,4$ Pa;
 $\Delta p_{usis} = 702,86$ Pa

