



**KATEDRA ZA MEHANIZACIJU  
MAŠINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU  
MODUL: TRANSPORTNO INŽENJERSTVO; KONSTRUKCIJE I LOGISTIKA**

# **Transportne mašine**

**(neprekidnog i prekidnog dejstva)**

**TRANSPORTERI SA VUČNIM  
ELEMENTOM U OBLIKU LANCA**

**1 deo**

Profesor dr Nenad Zrnić, izvodi sa  
predavanja

Posebnu grupu mašina neprekidnog transporta čine transporteri kod kojih je **lanac vučni element, a noseći element je prilagođen nameni transportera** tako da razlikujemo prema tome **pločaste, grabuljaste, viseće transportere (konvejere), podne transportere, itd.**

**Zajednički elementi** i delovi svih ovih transportera su **lanci, lančanici i pogonski mehanizmi, zatezni uređaji.**

Npr. osnovne **prednosti lanaca** kao vučnih elemenata transportera su:

- Velika nosivost (jačina na kidanje) uz malo izduženje,
- Velika savitljivost tako da se zahtevaju mali prečnici lančanika,
- Lako savladavanje krivina u horizontalnoj i vertikalnoj ravni što omogućava izvođenje prostornih trasa,
- Sigurniji prenos sile na lanac preko zuba lančanika,
- Mogućnost rada pri visokim temperaturama,
- Lako i brzo povezivanje krajeva, skraćivanje i produžavanje.

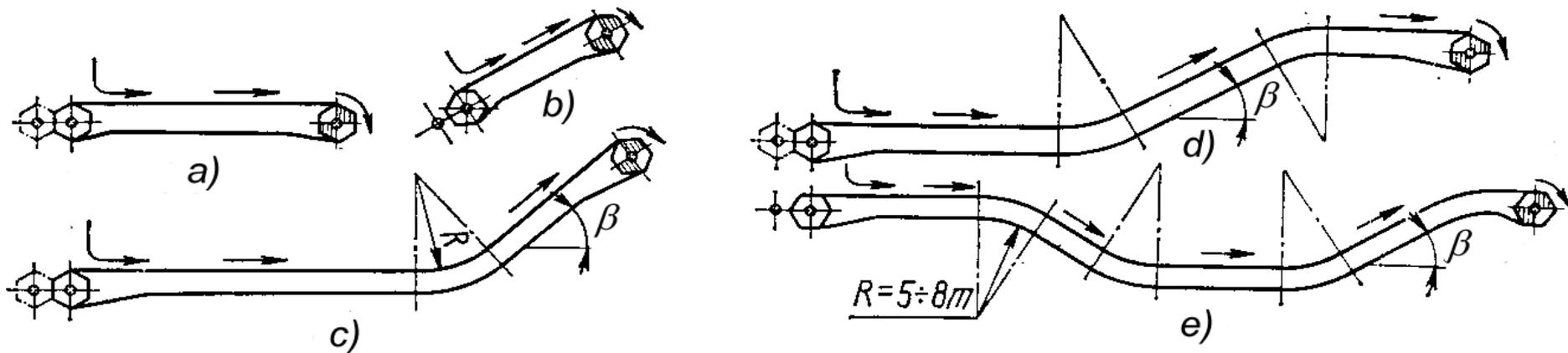
Osnovni **nedostaci lanaca** su:

- Velika sopstvena težina i velika potrošnja energije transportera,
- Ograničena brzina kretanja (1,25 m/s),
- Trošenje u zglobovima lanaca i potreba njihovog povremenog podmazivanja,
- Pojava dinamičkih opterećenja pri ustaljenom kretanju pogonskog mehanizma.

# Pločasti transporteri

Pločasti transporteri pripadaju grupi uređaja neprekidnog transporta kod kojih se kao **vučni element** najčešće javlja **lanac**. Pored lanca, kao vučni element se može primeniti i **čelično uže**.

Sa pločastim transporterima je moguće ostvariti prenošenje materijala po trasama različitih oblika (sl. dole). Prelaz iz horizontalnog u kosi pravac se ostvaruje krivinom radijusa od 5÷8 m. Kapaciteti im dostižu 2000 m<sup>3</sup>/h, a dužine trase su i do 2km.

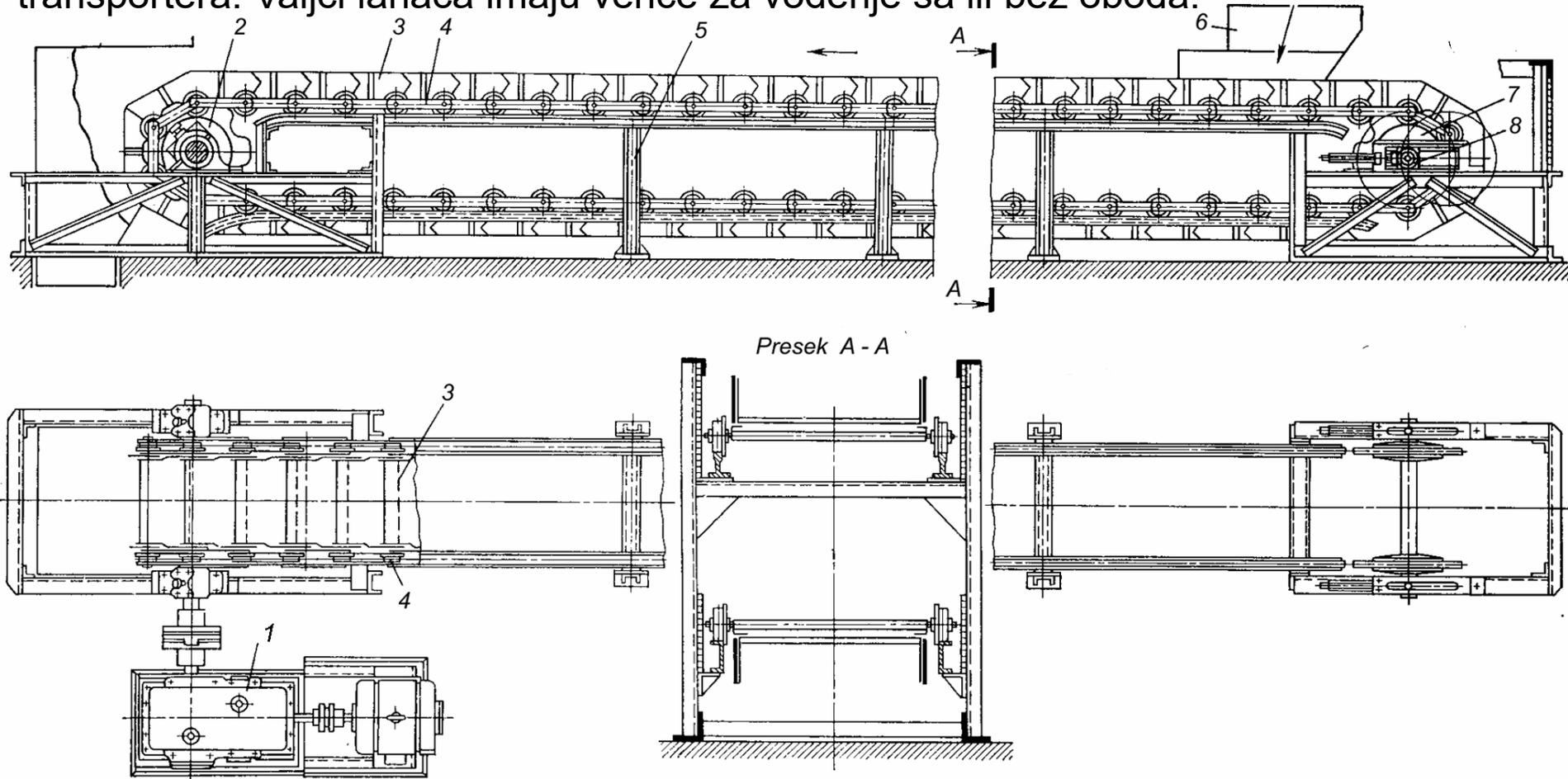


*Šeme trasa pločastih transportera*

a-horizontalna; b-kosa; c-horizontalna-kosa; d, e- kombinovane

Primena: prenošenje livenog metala, tečni metali, ohlađeni delovi,..hemijska industrija, energetika, mašinogradnja, metalurgija, rudnici uglja, za transport u tehnološkim procesima – kaljenje, otpuštanje, bojenje, ispiranje, sklapanje, kontrola,...., teži krupnokomadni i abrazivni materijali, rude, kamen,..zapaljivi materijali i oni visoke temperature, otkovci, odlivci,..

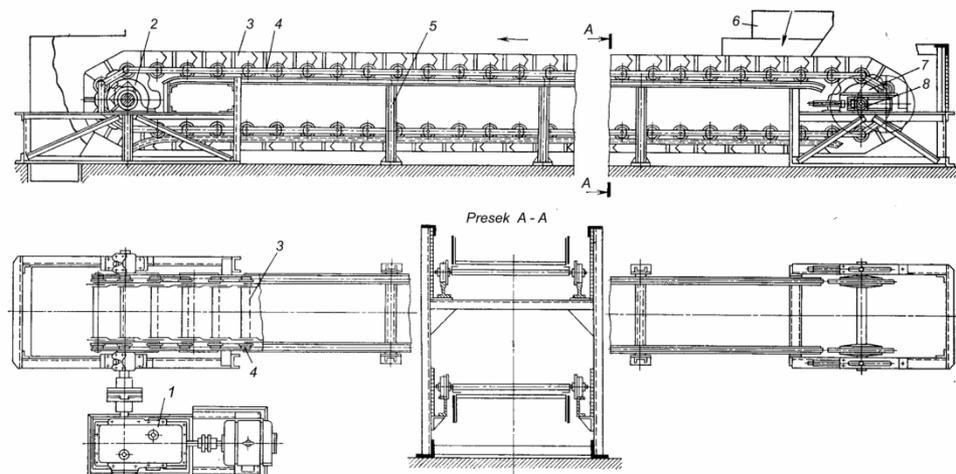
Preko lanaca se težina poda i transportovanog materijala prenosi na vođice trase transportera. Valjci lanaca imaju vence za vođenje sa ili bez oboda.



Sl.3.2 Šema pločastog transportera

- |                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| 1. Pogonski mehanizam | 5. Noseća konstrukcija |
| 2. Pogonski lančanik  | 6. Levak               |
| 3. Ploče              | 7. Zatezni lančanik    |
| 4. Lanac              | 8. Zatezni mehanizam   |

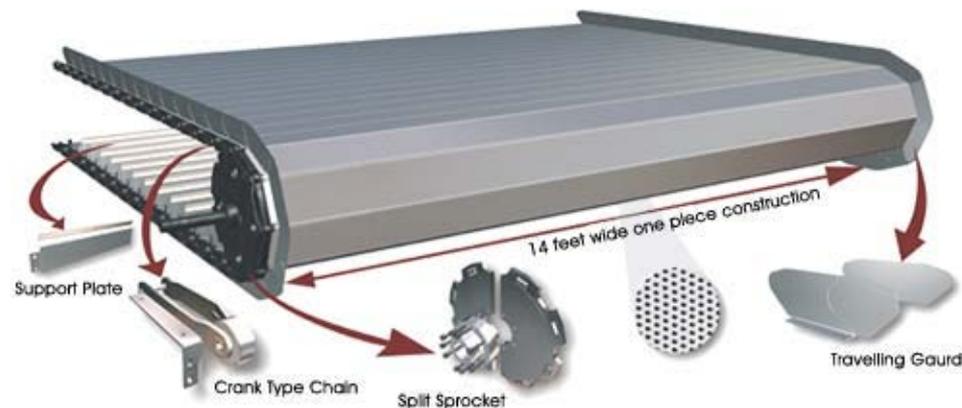
**Vučni element je 1 ili 2 lanca, jedan lanac samo za podove širine do 400 mm.**



U zavisnosti od uslova rada i konstrukcionog izvođenja njihova **podela** se može izvršiti prema:

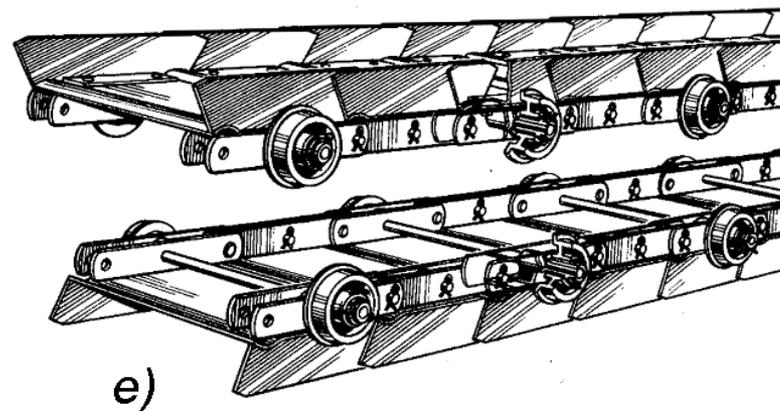
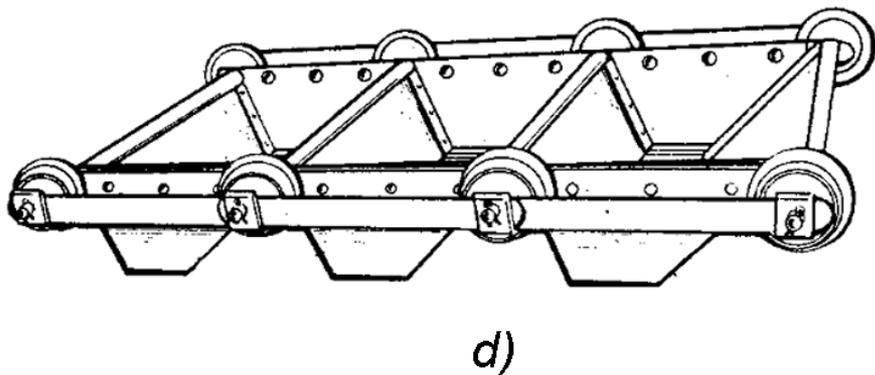
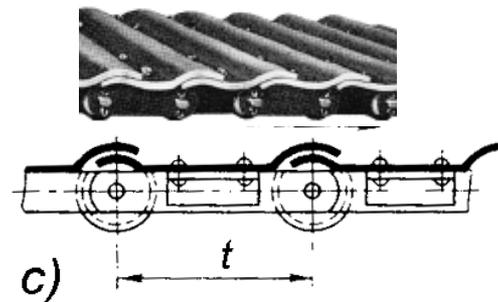
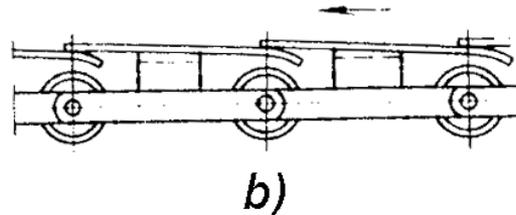
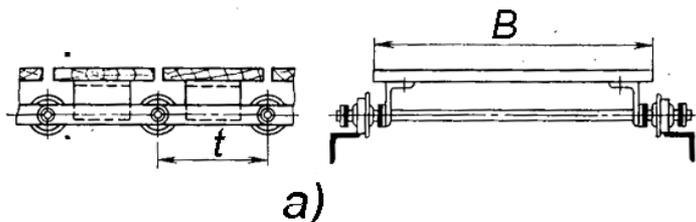
- Nameni: opšte namene i specijalne;
- Konstrukciji lanca: zavarene, lamelne i specijalne;
- Broju lanaca: sa jednim i sa dva lanca;
- Pomerljivosti: stacionarne, prenosive i pokretne;
- Broju pogona: sa jednim pogonom i sa više pogona;
- Obliku ploče: ravne, u obliku oluka (talasaste) i sa bočnim ivicama;
- Materijalu ploče: čelične, drvene i plastične.

Nalaze primenu pri transportu **velikih** i **teških** komadnih materijala **oštrih** ivica i posebno materijala, bilo komadnih ili nasipnih, čija je temperatura **veća** od  $60^{\circ}\text{C}$ . Transport takvih materijala trakastim transporterima se pokazao neadekvatnim zbog izraženog habanja trake. Opšta šema pločastih transportera prikazana je na slici. Sastoji se iz noseće konstrukcije 5 za koju su na krajevima vezani pogonski lančanik 2 i zatezni lančanik 3. Preko njih je prebačen vučni element u obliku beskonačnog lanca 4 za koji su čvrsto vezane ploče 3. Pogon se ostvaruje popgonskim mehanizmom 1, a zatezanje lanca zateznim mehanizmom 8. Punjenje pločastog transportera se vrši levkom 6.



## Oblici ploča

Konstruktivno izvođenje ploča (sl.dole) **zavisi od osobina materijala** koji se transportuje. Usvajaju se prema preporukama datim u tablici 1.



### **Tipovi ploče transportera**

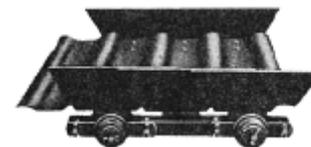
*a-ravne razmaknute;*

*b-ravne sastavljene;*

*c-olučaste bez bočnih ivica;*

*d-kutijaste;*

*e - olučaste sa bočnim ivicama (gornja i donja grana).*



**Materijal ploče** može biti metal, ređe drvo, gumirani pod, od plastične mase i sl.

Tip ploče transportera	Oblast primene
Ravne i razmaknute	Za transport komadnih materijala
Ravne sastavljene	Za transport komadnih i sitno komadnih
Olučaste bez bočnih ivica	Za transport nasipnih materijala
Olučaste sa bočnim ivicama	Za transport sitnokomadnih i sitnozrnih materijala
Kutijaste	Za transport nasipnih materijala

Tabela 1

Širina ploče transportera bez bočnih ivica pri transportovanju nasipnih materijala se određuje iz obrasca :

$$B = \sqrt{\frac{Q}{648 v \rho k_{\beta} \operatorname{tg} \varphi_3}}$$

$Q$ (t/h) - kapacitet transportera;

$v$ (m/s) - brzina transporta (kreće se u granicama od 0,01÷1,0 m/s);

$\rho$ (t/m<sup>3</sup>) - gustina materijala;

$k_{\beta}$  - koeficijent smanjenja poprečnog preseka materijala koji zavisi od ugla nagiba transportera (Tablica 2);

$\varphi_3$  (°)- ugao nasipanja materijala.

Tabela 2

Ugao nagiba transportera	Tip ploče	
$\beta$ (°)	bez bočne ivice	sa bočnom ivicom
≤10	1.00	1.00
10 - 20	0.90	0.95
> 20	0.85	0.90

Širina ploče sa bočnim ivicama (rastojanje između bočnih ivica) pri transportu nasipnih materijala se definiše izrazom:

$$B = \sqrt{\frac{Q}{900v\rho k_{\beta} \operatorname{tg} \varphi_3} + \left(\frac{2h_b\psi}{k_{\beta} \operatorname{tg} \varphi_3}\right)^2} - \frac{2h_b\psi}{k_{\beta} \operatorname{tg} \varphi_3} [m]$$

$h_b$  (m) - visina bočne ivice

$\psi$  - koeficijent punjenja po visini bočne ivice

$\psi = 0,65-0,8$  (za *krupnokomadne materijale*  $\psi = 0.8 - 0.9$ )

Širina ploče mora da ispuni i uslov:

$$B \geq ka' + 200[mm]$$

$k = 2,7$  - za sortirani materijal,

$k = 1.7$  - za nesortirani materijal,

$a'$ (mm) - dimenzija karakterističnog predstavnika komada.

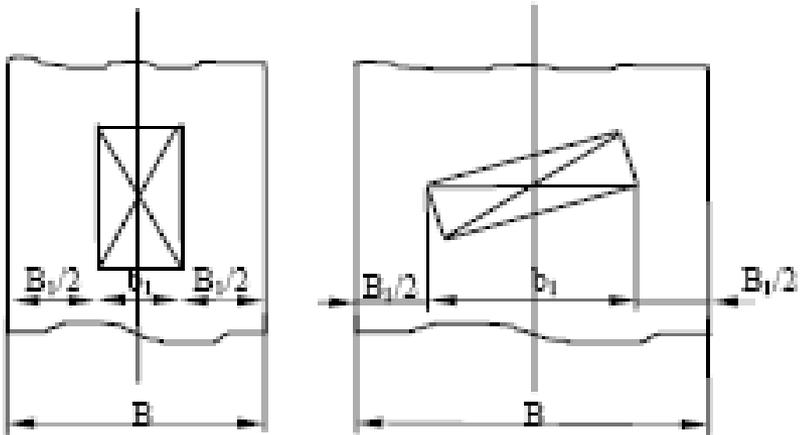
Usvaja se veća širina od proračunatih preko izraza gore. Širina ploče transportera pri transportu komadnih tereta se određuje iz uslova:  $B \geq b_1 + B_1$

$b_1$  (mm) - najveća dimenzija komada merena normalno na pravac kretanja transportera

$B_1 = 50-100$  (mm) - dodatak za ploče bez bočnih ivica,

$B_1 = 100-150$  (mm) - dodatak za ploče sa bočnim ivicama.

Širine ploča pločastih transporterera su standardizovane i usvajaju se prema tablici 3.



*Položaj komadnog tereta na ploči*  
 a-pri dirigovanom položaju;  
 b-pri proizvoljnom položaju

Visina bočnih ivica zavisi od širine ploče transporterera. Usvajaju se odnosi definisani u tablici T 3.

Širina ploče $B(\text{mm})$	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600
Visina bočne ivice $h_b(\text{mm})$	100 ÷160	100 ÷200	100 ÷250	100 ÷320	100 ÷320	100 ÷320	100 ÷320	100 ÷320

Tabela 3

Takođe, definiše se i najmanja visina bočnih ivica u zavisnosti od veličine dimenzija karakterističnog komada (Tabela 4).

Dimenzija karakterističnog komada $a'(\text{mm})$	160	200	250	350	450	550
Najmanja visina bočne ivice $h_b(\text{mm})$	100	125	160	200	250	320

Tabela 4

Visina bočne ivice pločastog transportera pri transportu komadnih tereta (sl. na prethodnoj strani) usvaja se u granicama od 100-160 mm. Preporučene brzine kretanja pločastog transportera u funkciji širine ploče date su u tablici T 5.

Tabela 5

Širina ploče B(mm)	400; 500	650; 800	1000; 1200	1400; 1600
Brzina kretanja ploče v(m/s)	0.125÷0.4	0.125÷0.5	0.2÷0.63	0.25÷0.63

Maksimalni ugao nagiba pločastih transportera zavisi od ugla trenja između materijala i ploče pri kretanju. (Tablica T 6.)

Tabela 6

Maksimalni ugao nagiba transportera	Ploča				kutijasta
	ravna		olučasta		
$\beta(^{\circ})$	bez bočnih ivica	sa bočnim ivicama	bez bočnih ivica	sa bočnim ivicama	
	$\rho_2 - 9^{\circ}$	$\rho_2 - 6^{\circ}$	$\rho_2 - 5^{\circ}$	$\rho_2 - 3^{\circ}$	$35^{\circ}$

$\rho_2 (^{\circ})$  - ugao trenja pri kretanju između materijala i ploče, pri čemu mora biti ispunjen i uslov:

$$\beta < \varphi_2 - 5^{\circ}$$

gde je  $\varphi_2 (^{\circ})$  - ugao prirodnog pada pri kretanju materijala.

## Vučni elementi pločastih transportera

Kao vučni elementi pločastih transportera koriste se lanci i užad. **Prednosti lanaca** u odnosu na užad se sledeće:

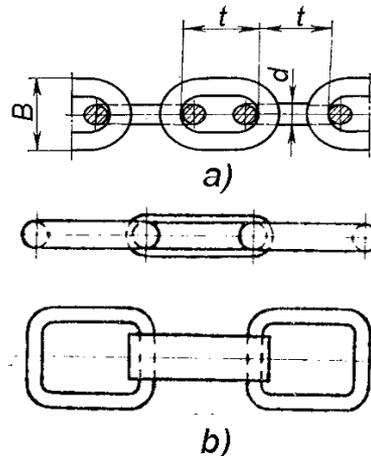
- Rade sa manjim dimenzijama lančanika,
- Ugradnja nosećih elemenata, ploča i elemenata za kretanje nije komplikovana,
- Lako se ostvaruje prenos vučne sile sa pogonskog mehanizma,
- Jednostavniji su za izradu od užadi,
- Manje se istežu od užadi.
- Pozitivne osobine čeličnih užadi** kao vučnih elemenata pločastih transportera ogledaju se u manjoj masi od lanaca pri istoj jačini na kidanje, manjoj ceni koštanja pri izradi, većoj gipkosti u svim pravcima, manjoj osetljivosti na prašinu, blato i temperaturne razlike. Sve ove osobine povoljno utiču na pojačanu tendenciju primene užadi kao vučnih elemenata.

Lanci kao vučni elementi transportera se izvide u različitim oblicima:

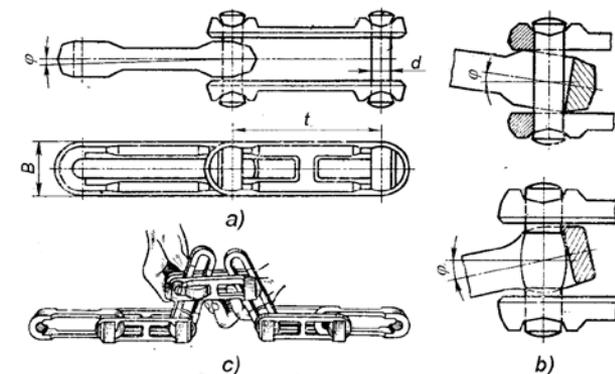
- zavareni,
- kovani,
- lamelni (pločasti),
- specijalni

Osnovni parametri vučnih lanaca su:

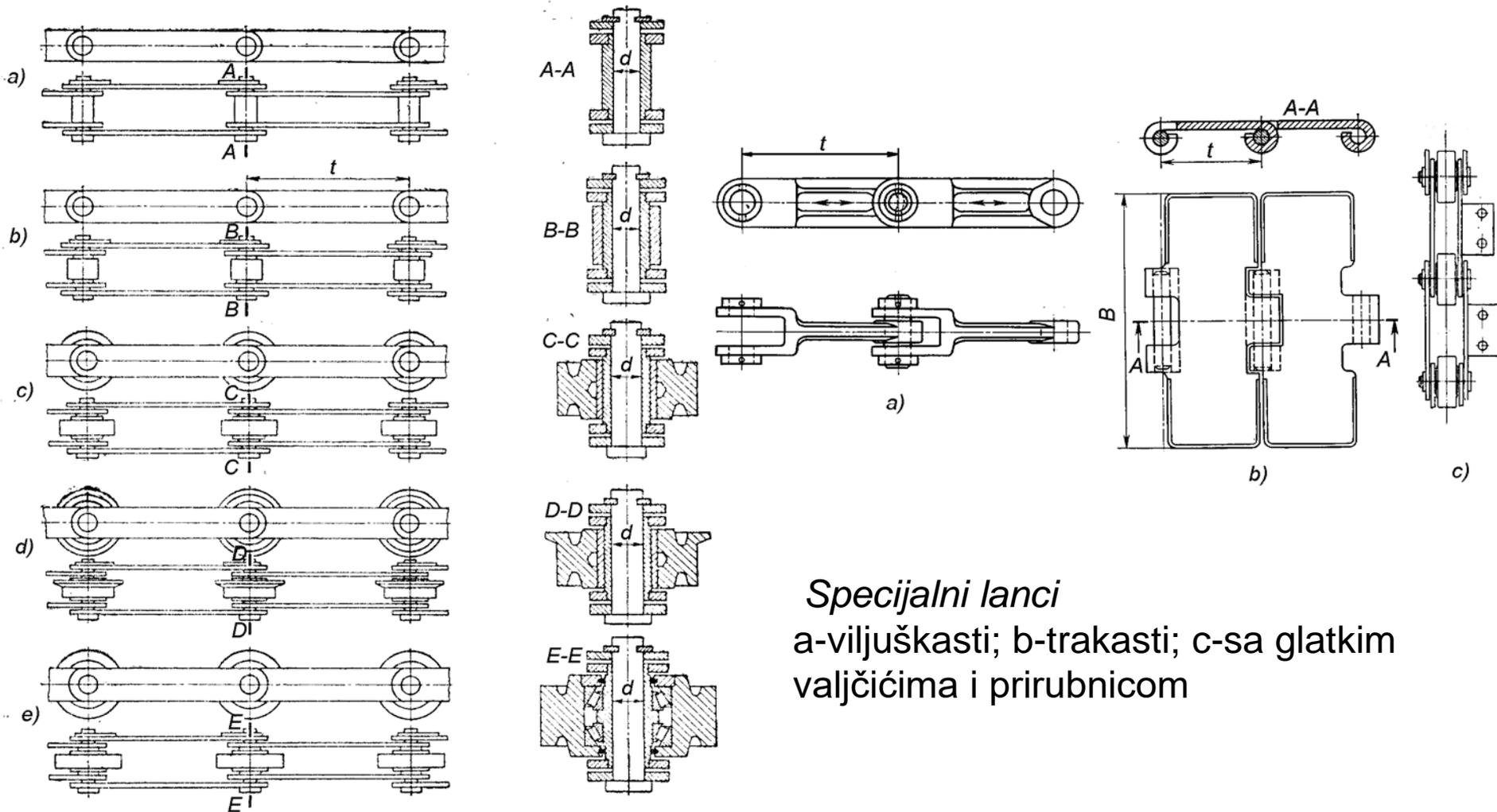
- korak lanca (mm),
- sila kidanja (N),
- pogonska masa (kg/m)



Zavareni lanci



Rastavljivi lanci - kovani



*Specijalni lanci*  
 a-viljuškasti; b-trakasti; c-sa glatkim valjčićima i prirubnicom

*Lamelni lanci*  
 a-sa čaurom;  
 b-sa čaurom i valjčićem;  
 c-sa glatkim točkićem;  
 d-sa glatkim točkićem sa vencem;  
 e-sa točkićem sa koničnim ležajem

Lanci se izrađuju sa standardnim koracima od 100 do 1000 mm. Preporuke za usvajanje koraka lamelnih lanaca u zavisnosti od širine ploča transportera date su u tablici T. 7.

Tabela 7

Širina ploče $B$ (mm)	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600
Korak lamelnog lanca, $t_L$ (mm)	250	320	400	400	500	500	630	630

Neki od osnovnih parametara lamelnih lanaca dati su u tablici T.8.

Tabela 8

Prečnik čaure (mm)	Korak lanca $t_L$ (mm)				Sila kidanja $F_k$ (kN)
	sa čaurom	sa valjčićem	sa točkićem		
			glatkim	sa vencem	
14	100	100	-	-	125
20	125, 160, 200, 250	125, 160, 200, 250	200, 250, 320	-	125
24	160, 200, 250, 320	160, 200, 250, 320	250, 320, 400	320, 400, 500, 630	300
30	320	250, 320, 400	320, 400	630, 800	500
36	320, 400	250, 320, 400	320, 400	500, 800, 1000	700
44	400	400, 500	320, 400, 500, 630	-	1000

**Oslanjanje lanca na noseću šinu ostvaruje se preko točkića (kotrljanjem) ili bez njih (klizanjem).**

Izbor lanca se vrši prema **računskoj sili zatezanja  $F_r$**  (izraz pri kraju predavanja za pločaste transportere). Ako jedan lanac služi kao pogonski element (za širine ploča manjih od 400 mm) onda se on bira prema celoj sili  $F_L = F_r$ . U slučaju da su ugrađena dva lanca, izbor lanca vrši se prema sili  $F_L = 0.6 F_r$ .

Lanac je pravilno izabran ako je ispunjen uslov:  $F_k \geq \nu F_L [N]$

$F_k$  (N) - sila kidanja lanca;

$\nu$  - stepen sigurnosti protiv kidanja lanca:

$\nu = 6 \div 10$  - za lamelne lance horizontalnih i kosih transportera,

$\nu = 10 \div 15$  - za rastavljive lance,

$\nu = 10 \div 20$  - za zavarene lance.

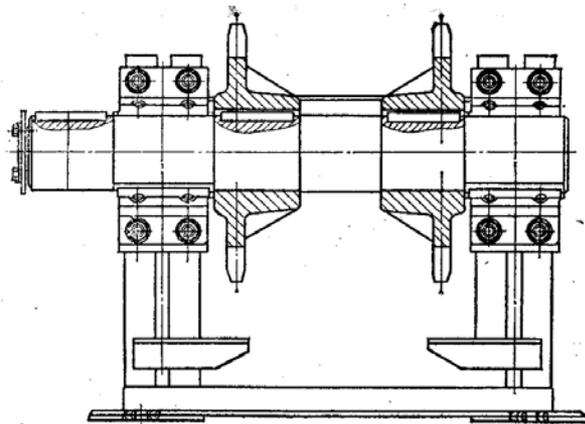
**Pogonski i zatezni uređaji, levak za sipanje materijala i noseća konstrukcija**

Lanci pločastih transportera dobijaju pogon od pogonskih lančanika (sl. a) čiji se podeoni prečnik  $D_0$  (sl.,b) može odrediti preko izraza:

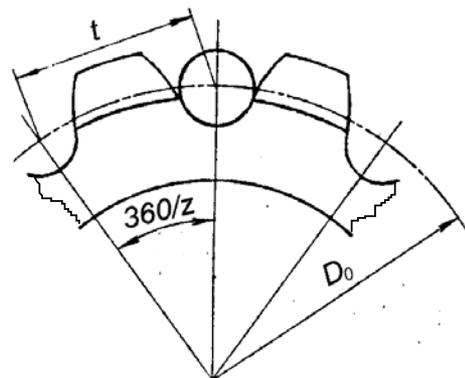
$$D_0 = \frac{t_L}{\sin \frac{180}{z}} [mm]$$

$t_L$  (mm) - korak lančanika,  
 $z$  - broj zuba lančanika .

Pogonski lančanik



a)



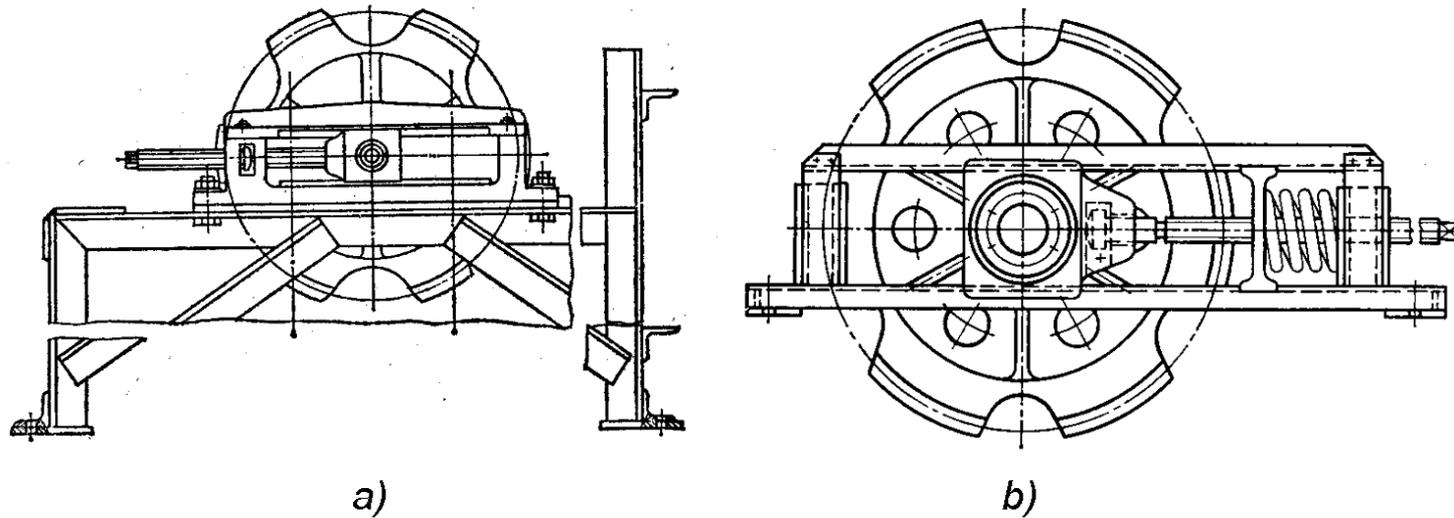
b)

Broj zuba lančanika za lamelne lance zavisi od brzine lanca (tablica T. 9)

Tabela 9

Broj zuba lančanika	Brzina lanca $v$ (m/s)
$z \geq 6$	do 0,5
$z \geq 7$	0,5 ÷ 0.75
$z \geq 9$	0,75 ÷ 1.0
$z \geq 11$	>1

Zatezanje lanca se ostvaruje zateznim mehanizmom sa zavojnim vretenom (sl. a) ili sa zavojnim vretenom i oprugom (sl. b).



*Zatezni mehanizam*

*a-sa zavojnim vretenom; b-sa zavojnim vretenom i oprugom*

Zadatak im je da obezbede siguran spoj zubaca lančanika sa lancem i spreče pojavu velikih trbuha lanaca. **Minimalna** zatezna sila u vučnom lancu usvaja se u granicama :

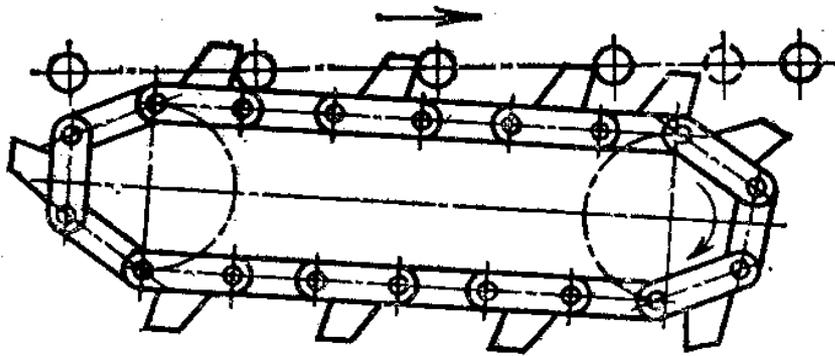
$$F_{\min} = 1000 - 3000 [N]$$

ili se izračunava iz empirijskog izraza za transportere većih dužina (preko 100 m)

$$F_{\min} = 6000B + 40L [N] \quad B (m) - \text{širina ploče, } L(m) - \text{dužina transportera}$$

Hod zateznog uređaja se definiše preko koraka lanca:  $x = (1,5 \div 3)t_L [mm]$

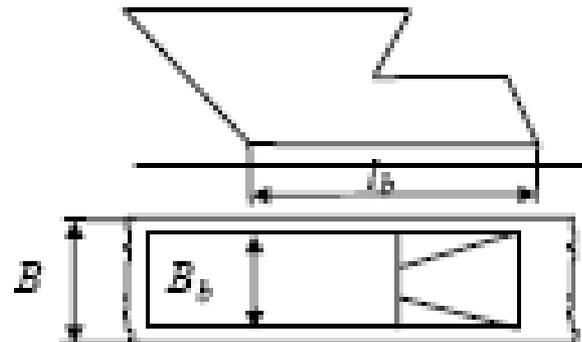
U cilju smanjenja sile zatezanje u vučnom elementu, koja je posebno izražena kod dugačkih transportera, primenjuje se više pogonskih uređaja, najčešće guseničnog tipa (sl.)



Gusenični pogon

Sipanje materijala na pločaste transportere se ostvaruje preko levaka koji mogu biti i pomerljivi duž trase.

Osnovni parametri levka

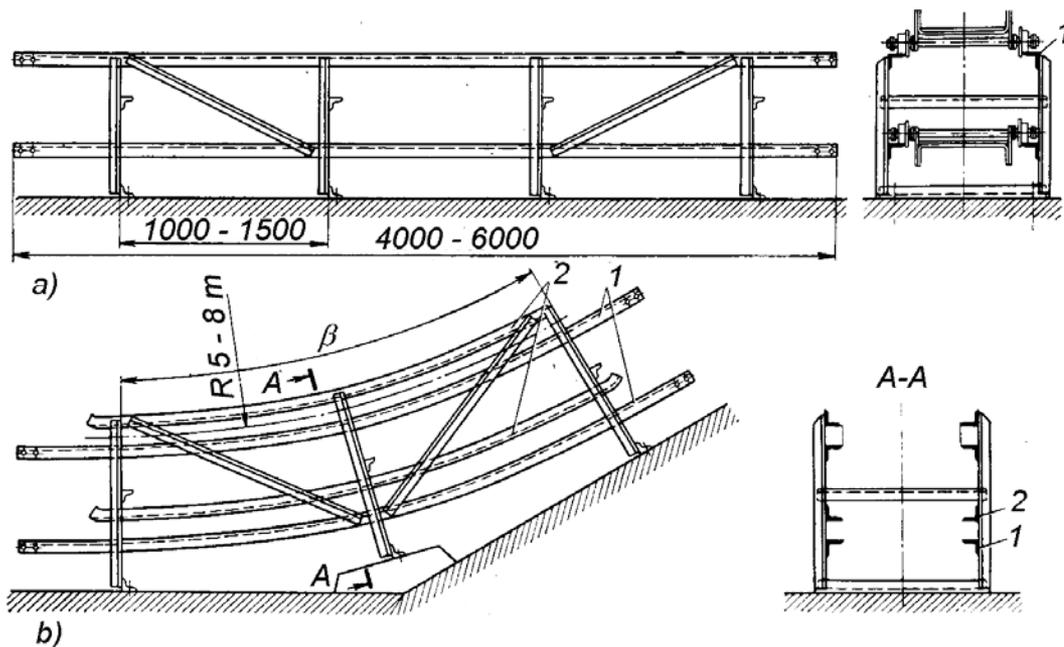


Parametri koji u osnovi definišu geometriju levaka dati su u tablici T. 10.

Tabela 10

Širina ploče $B(m)$	0.40	0.50	0.65	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60
Rastojanje između bočnih ivica $B_b(m)$	0.27	0.34	0.43	0.58	0.66	0.80	0.94	1.06
Dužina bočnih ivica $l_b(m)$	1.0	1.2	1.5	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5

Noseća konstrukcija pločastih transportera je prostornog tipa, sastavljena iz pravolinijskih (sl. a) i lučnih (sl. b) sekcija.



*Sekcije pločastih transportera*  
a-pravolinijska; b-lučna

Njihovim povezivanjem dobija se projektovana trasa transportera. Sekcije se izrađuju zavarivanjem od otvorenih i zatvorenih čeličnih profila.

Kod **lučnih sekcija** se, pored nosećih šina 1, ugrađuju i **kontra šine 2** kako ne bi došlo do odizanja vučnog lanca.

## Vučna sila, zatezna sila i snaga pogonskog motora

Približna vrednost vučne sile za pogon pločastog transportera se može odrediti iz izraza:

$$F_o = 1,05[F_{\min} + g(\omega q_M L_h^{RO} + 2\omega q_{tr} L_h \pm q_M H) + W_O + W_{PL}][N]$$

$F_{\min}$  - minimalna zatezna sila (videti prethodna 2 izraza na str. 16), pri čemu joj vrednost mora biti veća od dinamičkog opterećenja lanca,

$\omega$  - koeficijent otpora kretanju lamelnog lanca (tablica T. 11),

$q_M$  (kg/m) - pogonska masa tereta koji se transportuje (izrazi kod trakastih transportera)

$L_h^{RO}$  (m) - dužina horizontalne projekcije opterećenog radnog dela transportera

$q_{tr}$  (kg/m) - pogonska masa pokretnih delova transportera,

$L_h$  (m) - dužina horizontalne projekcije transportera,

$H$  (m) - višina dizanja materijala,

$W_O$  (N) - otpor od trenja materijala po bočnim ivicama oluka (3.11),

$W_{PL}$  (N) - otpor pri skidanju materijala plugom (samo kod ploča bez bočnih ivica) (videti izraz kod trakastih transportera).

Tabela 11

Tip lanca transportera	Prečnik točkića (mm)	Uslovi rada transportera		
		Laki	Srednji	Teški i vrlo teški
sa čaurom		0,2 ÷ 0,25	0,3 ÷ 0,35	0,4 ÷ 0,45
sa valjčićima		0,2 ÷ 0,25	0,3 ÷ 0,35	0,4 ÷ 0,45
sa glatkim točkićima	do 20	0,07	0,09	0,11
	preko 20	0,06	0,08	0,10
sa točkićima sa vencima	do 20	0,08	0,10	0,13
	preko 20	0,07	0,09	0,12

Napomena: Za rad transportera u zimskim uslovima, na otvorenom prostoru sa uticajem prašine, tablične vrednosti za  $\omega$  uvećati za 50%

Otpor trenja materijala o nepokretne bočne ivice oluka se definiše izrazom:

$$W_o \approx 10^{-3} \mu h^2 \rho g l_b [N]$$

$\mu$  - koeficijent trenja materijala o bočnu ivicu oluka (T. 1.3, tabela materijala trakasti),

$h$  (m) - visina materijala u oluku ( $h = \psi h_b$ ),

$\rho$  ( $t/m^3$ ) - gustina materijala,

$l_b$  (m) - dužina bočne ivice oluka (T. 10).

Pogonska masa pokretnih delova pločastog transportera  $q_{tr}$  (kg/m) usvaja se iz kataloga proizvođača ili se određuje, približno, preko izraza:

$$q_{tr} \approx 60B + K \left[ \frac{kg}{m} \right]$$

$B$  (m) - širina ploče,

$K$  - koeficijent čije su vrednosti date u tablici T. 12.

Tabela 12

Karakteristike materijala	Širina ploče $B$ (m) bez ivice			Širina ploče $B$ (m) sa ivicama			
	$\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	0.4; 0.5	0.65; 0.8	$\geq 1.0$	0.4; 0.5	0.65; 0.8	$\geq 1.0$
laki, $\rho < 1$		35	45	60	40	50	70
srednje teški $\rho = 1-2$		50	60	90	60	70	110
teški, $\rho > 1$		70	100	130	80	110	130

Maksimalna statička zatezna sila vučnog lanca se definiše kao:

$$F_{\max} \approx 1,05(F_{\min} + F_o)[N]$$

U toku rada pločastog transportera, lanac je opterećen i dinamičkom silom zbog uticaja efekta mnogougla u lančanom pogonu. Definisana je obrascem:

$$F_{\max} \approx \frac{60v^2}{z^2 t} (q_M + k_1 q_{tr}) L [N]$$

$v$  (m/s) - brzina lanca,

$z$  - broj zuba pogonskog lančanika (T. 9),

$t_L$  (m) - korak lanca (T. 7),

$q_M$  (kg/m) - pogonska masa materijala,

$q_{tr}$  (kg/m) - pogonska masa pokretnih delova transportera,

$L$  (m) - dužina transportera,

$k_1$  - koeficijent uticaja ostalih parametara transportera (Tablica T. 13).

Dužina transportera (m)	$k_1$
do 25	2.0
25 - 60	1.5
preko 60	1.0

Tablica 13

Ako je brzina kretanja lanca manja od 0,2m/s, dinamičko opterećenje na lanac se može zanemariti.

Računska sila zatezanja lanca je:  $F_r = F_{\max} + F_{din} [N]$

Snaga na vratilu pogonskog lančanika:  $P_0 = \frac{F_o v}{10^3 \eta_v} [kW]$

dok je potrebna snaga pogonskog elektromotora:  $P_{EM} = \frac{P_0}{\eta_{meh}} [kW]$

$\eta_v$  - koeficijent korisnog dejstva vratila pogonskog lančanika (0,94 - 0,96),

$\eta_{meh}$  - koeficijent korisnog dejstva pogonskog mehanizma (0,75 - 0,85).

**Za tačan proračun vučne sile i zatezne sile u lancu koristi se metoda obilaska po konturi – biće detaljno obrađeno na vežbama.**



