

230 t i duljinu 73 m. Na dvije platforme vagona leže dva čelična nosača duljine 14 m, pa se teret prenosi viseći između tih nosača. Prosječna je brzina vožnje vagona ~ 20 km/h.

Specijalno cestovno vozilo s vlastitim pogonom za prijenos teških tereta, prikazano na sl. 142, dugačko je 58 m, ima nosivost 500 t i vlastitu masu 260 t. Sastoji se od dviju voznih jedinica i dvaju čeličnih nosača između kojih se teret prenosi viseći. Obje vozne jedinice imaju svoj vlastiti pogonski agregat, smješten iza kabine vozača, s Dieselovim motorom snage 220 kW. Vozne jedinice mogu raditi i samostalno, pa

potrebno izgraditi specijalno proširene ceste od tvornice do luke i od luke do gradilišta.

Pomoću platformi prenesene su sve 23 jedinice postrojenja na palubu pontona, a zatim je pontonom postrojenje prevezeno 7 500 morskih milja do Saudijske Arabije. Tamo se istim postupkom jedinica po jedinica postrojenja prenijela na već priredjene temelje udaljene ~ 2 km od obale. Budući da su bile na raspolaganju samo privjesne platforme, a ne i pogonske, to su za vuču upotrijebljeni teški podni tegljači (sl. 144).

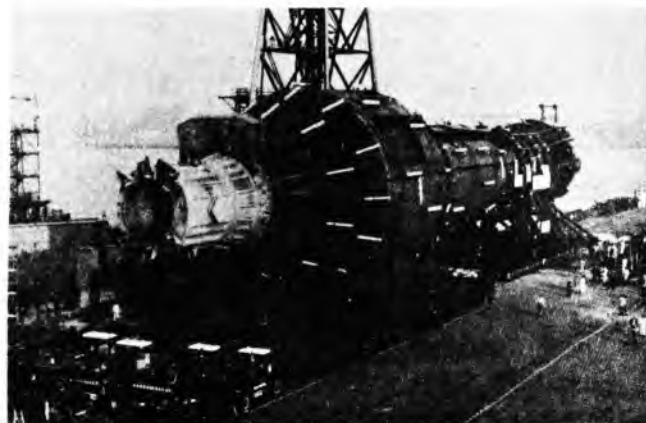


Sl. 142. Specijalno cestovno vozilo s vlastitim pogonom za prijenos teških tereta (Nicolas, Champs-sur-Yonne)

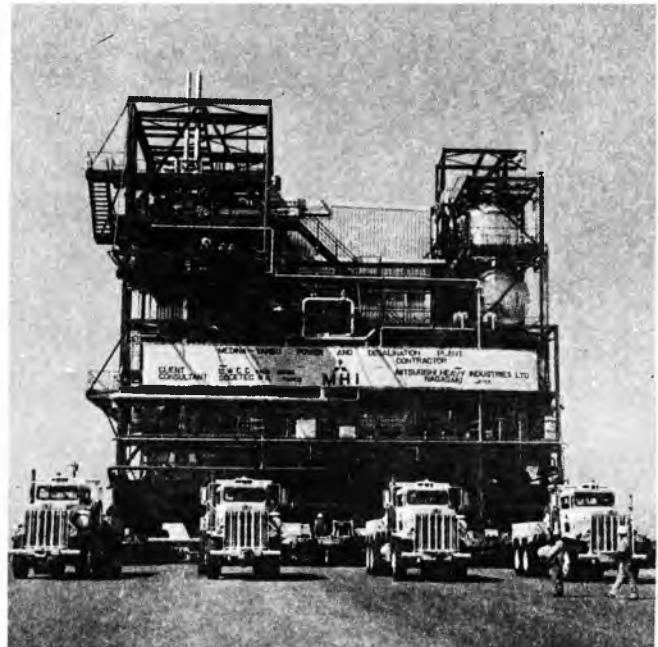
im je tada maksimalna nosivost 300 t. Potpuno opterećeno vozilo može voziti brzinom od 5 km/h.

Za transport velike bove, mase 2 744 t, na putu dugačkom ~ 100 m, između montažne površine brodogradilišta i broda tegljača (sl. 143) upotrijebljene su *privjesne platforme za teške terete*.

Pomoću privjesnih platformi mogu se transportirati čitave tvornice. Tako je iz Japana preneseno u Saudijsku Arabiju postrojenje za desalinizaciju morske vode. Postrojenje mase $\sim 4\ 000$ t moglo se rastaviti u 23 jedinice (modula). Vozilo za prijevoz sastojalo se od 12 pojedinačnih vozila, od kojih su 4 bila *pogonske platforme za teške terete*, dok su ostala bila *privjesne platforme za teške terete*. Platforme su se mogle po želji sastavljati jedna pokraj druge ili jedna iza druge i s razmacima do 5 m. Tri međusobno povezane platforme činile su vozilo nosivosti 360 t, duljine 29,55 m, širine 3,3 m i normalne radne visine 1,4 m. Jasno je da se sastav od više platformi ne može kretati po normalnim cestama, nego je



Sl. 143. Transport velike bove mase 2744 t pomoću privjesne platforme



Sl. 144. Modul isparivača mase 1430 t na privjesnoj platformi vuku teški tegljači

PRENOSILA KONTINUIRANE DOBAVE

Prenosila kontinuirane dobave uređaji su pomoću kojih se materijal neprestano kreće od mjesta prihvaćanja do mjesta odlaganja. To se kretanje može odvijati konstantnom ili promjenljivom brzinom, odnosno uz periodičke zastoje. Prema tome takva prenosila omogućuju kontinuirani tok materijala. Ona mogu biti stacionarna ili premjestiva. Mate-

rijal se pomoću tih prenosa kreće vodoravno, koso ili vertikalno po pravocrtnim ili zakrivljenim putovima.

Prednosti su mehaničkih prenosa kontinuirane dobave prema prenosilima povremene dobave, odnosno granicima, sljedeće: postižu se mnogo veće dobave materijala (do 10 000 m³/h), povoljniji je omjer mase korisnog tereta (svedene na neko vremensko razdoblje) i vlastite mase prenosa, pogonski su troškovi niži i sigurnost pogona veća, a mogu se postići dugački putovi prijenosa materijala, npr. uzastopnim povezivanjem pojedinih prenosa u jednu cjelinu. Međutim, prenosi kontinuirane dobave ne mogu prenositi teške terete.

Navedene su prednosti prenosa kontinuirane dobave izrazite kad je transport koji ona ostvaruju harmonično uključen u tehnički proces.

Vrste materijala koji se prenose, a pogotovo njihova fizikalna svojstva, glavni su faktori prema kojima se određuje vrsta i konstrukcija prenosa kontinuirane dobave.

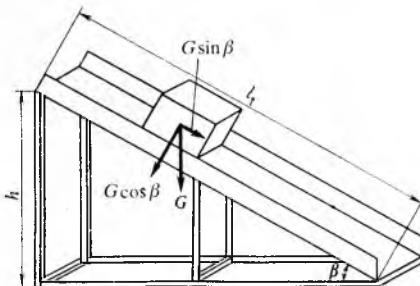
Pri razmatranju kontinuirane dobave treba razlikovati *komadni* i *sipki* materijal. U komadni materijal spadaju pakovana roba i pojedinačni tereti (npr. sanduci, blokovi, građevni dijelovi i sl.). U sipke materijale spadaju grudasti, zrnati i prašinasti materijali, kao što su rudače, žito, pjesak, cement itd.

Postoji mnogo različitih tipova prenosa kontinuirane dobave za transportiranje sipke i komadne robe. Jedno je od mogućih njihovih razvrstavanja sljedeće: gravitacijska prenosa, mehanička prenosa bez vučnog elementa, mehanička prenosa s vučnim elementom te pneumatska i hidraulička prenosa.

Gravitacijska prenosa

Na gravitacijskim prenosilima materijal se giba niz kosinu djelovanjem sile teže. Ona se veoma jednostavno grade i zahtijevaju veoma male troškove održavanja jer nemaju vlastitog pogonskog uredaja, pa se zbog toga često upotrebljavaju.

Gravitacijska prenosa često se uvrštavaju između dvaju prenosa kontinuirane dobave s pogonom, kao vezni članak u transportu. Nadalje, služe kao slagači robe na strojeve, te za strmo i okomito ubacivanje sipkog materijala i komadne robe.



Sl. 145. Sile na ravnoj kliznici

Kliznice su gravitacijska prenosa izrađena od drva, umjetnog materijala, čeličnih limova ili limova od lakoih metala. Klizne plohe kliznica često se oblažu specijalnim materijalima da bi se smanjilo habanje i trenje. Nagib kliznice ovisi o svojstvima materijala koji se prenosi. Nagib mora osigurati takvo klizanje materijala niz kosinu da brzina v na kraju kliznice ne postane prevelika. Gornja granica brzine iznosi 1,5...2 m/s. Da bi se roba pokrenula, kut nagiba kliznice mora biti 5°...10° veći od kuta trenja mirovanja. Ako je djelič materijala težine G (sl. 145), što kliže niz kliznicu s kutom nagiba β , imao na početku kliznice brzinu v_0 , porast kinetičke energije tog djeliča na kraju kliznice iznosi $\frac{G}{g} \cdot \frac{v^2 - v_0^2}{2}$, gdje

je g ubrzanje sile teže. Djelič se ubrzava niz kliznicu zbog djelovanja sile $G \sin \beta$. Tom se gibanju suprotstavlja sila trenja između djeliča i kliznice $\mu G \cos \beta$, gdje je μ koeficijent trenja.

Rad tih dviju sila na kliznici duljine l jednak je porastu kinetičke energije tog djeliča materijala, pa je

$$\frac{G}{g} \cdot \frac{v^2 - v_0^2}{2} = G(\sin \beta - \mu \cos \beta)l. \quad (44)$$

Sa $l = h/\sin \beta$ dobiva se nagib kliznice

$$\tan \beta = \frac{2gh\mu}{2gh - v^2 + v_0^2}, \quad (45)$$

i brzina na kraju kliznice

$$v = \sqrt{2gh(1 - \mu \cot \beta) + v_0^2}. \quad (46)$$

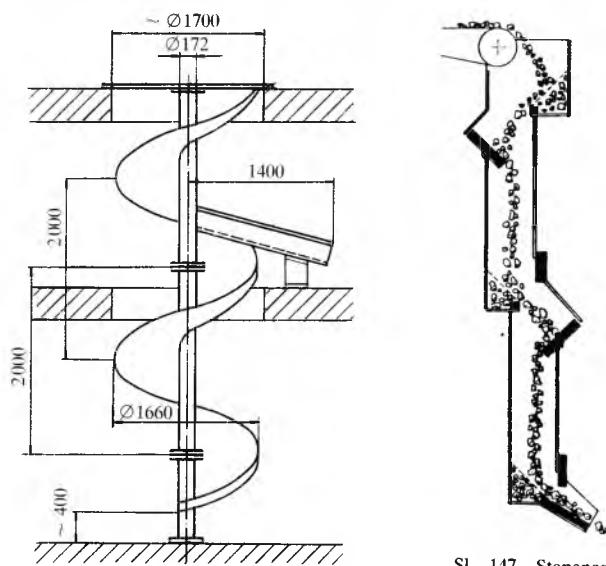
Srednje vrijednosti kutova nagiba kliznica navedene su u tabl. 3

Tablica 3
KUTOVI NAGIBA KLIZNICA

Vrsta materijala	Kutovi nagiba kliznica
Vreće	25°...30°
Kameni ugljen	20°...30°
Koks	28°
Žitarice (zrno)	30°...35°
Rudača, šljunak	40°...50°
Sol	50°
Smedji ugljen (rovni)	60°
Brašno, pepeo	60°...80°

Klizne plohe ravnih kliznica oblikuju se kao žlebovi pravokutnog ili polukružnog oblika. Za prašinasti materijal upotrebljavaju se zatvoreni žlebovi ili cijevi.

Ako nema dovoljno mesta da se postave ravne kliznice, grade se *zavojne kliznice* sa žlijebom što se ovija kao zavojnica oko vertikalne osi (sl. 146). Unutrašnji rub žlijeba pričvršćen je na središnji stup, ili je vanjski rub žlijeba pričvršćen na unutrašnju stijenu cijevi velikog promjera. Zavojne kliznice vanjskog promjera od 1...1,5 m imaju protok mase od 200...500 t/h sipkog materijala (npr. ugljena, pjeska, šljunka). U usporedbi s ravnim kliznicama zavojne kliznice imaju prednost u tome što je ubrzanje materijala manje zbog povećanog trenja djelovanjem centrifugalne sile.



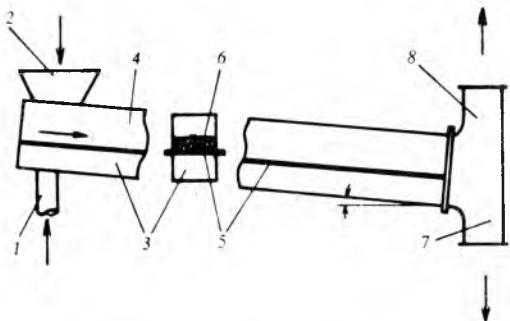
Sl. 146. Zavojna kliznica

Sl. 147. Stepenasta padalica

Padalice su vertikalne ili kose cijevi kroz koje pada neosjetljivi sipki materijal na skladišta, u brodove i sl. Često su izvedene teleskopski da bi se mogle prilagoditi visini padanja. Za velike visine u cijev se umeću limovi za skretanje, koji smanjuju brzinu padanja, oštećenje materijala i habanje cijevi. Tako nastaju *stopenaste padalice* (sl. 147) koje se upotrebljavaju u rudnicima i za visine padanja veće od 600 m.

PRENOSILA I DIZALA

Pneumatske kliznice (sl. 148) veoma su prikladne za prijenos prašinastih i sitnozrnatih materijala, kao npr. cementa, gipsa, šećera, brašna i ugljene prašine. Takve kliznice prenose materijal kao da je u stanju sličnome tekućem stanju. Zrak pod tlakom od $102\cdots105 \text{ kPa}$ struji iz zračnog kanala kroz porozni pod u materijal koji treba transportirati. Kad tlak zraka premaši tlak kojim materijal djeluje na pod, mirujući materijal prelazi u tzv. vrtložni sloj. Između djelića materijala, nošenih strujom zraka, smanjuje se trenje na veoma malu vrijednost, pa se materijal ponaša slično tekućini. Kaže se da je materijal fluidiziran. Kliznica ima mali nagib, obično $1\cdots6^\circ$ (do 15°), pa fluidizirani sipki materijal teče niz kosinu zbog djelovanja sile teže. Žlijeb kliznice može biti otvoren ili zatvoren, već prema vrsti materijala koji se transportira.

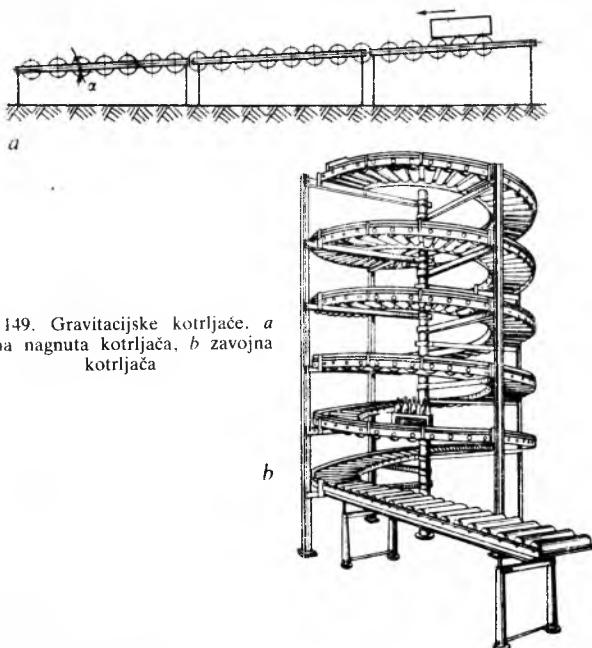


Sl. 148. Pneumatska kliznica. 1 dovod zraka, 2 mjesto nalaganja materijala, 3 zračni kanal, 4 žlijeb kliznice, 5 porozni pod, 6 materijal koji se transportira, 7 izlaz materijala, 8 odvod zraka

Pneumatske kliznice sa žlijebom širine $125\cdots630 \text{ mm}$ imaju volumenski protok od $7\cdots720 \text{ m}^3/\text{h}$. Snaga motora kompresora iznosi $\sim 0,8 \text{ kW}$ po metru duljine transportnog puta.

Prednosti su pneumatskih kliznica prema mehaničkim prenosilima kontinuirane dobave: jednostavna i jeftina konstrukcija, velika pogonska pouzdanost i mala potrošnja energije. Nedostatak im je što za prijenos materijala trebaju određenu visinu.

Kotrljače imaju kao nosivo sredstvo uležištene valjke. Razlikuju se *vodoravne kotrljače*, na kojima se materijal pokreće guranjem, i *nagnute kotrljače* ili gravitacijske kotrljače (sl. 149a), na kojima se materijal giba djelovanjem sile teže. Kotrljače mogu biti sastavljene od pojedinačnih sekacija duljine $2\cdots3 \text{ m}$. Između ravnih dijelova kotrljača mogu se umetati zakrivljeni i preklopni dijelovi, skretnice, okretnice i



Sl. 149. Gravitacijske kotrljače. a ravnna nagnuta kotrljača, b zavojna kotrljača

sl. da bi se dobio čitav sustav kotrljačnog transporterata. Sustavi kotrljača mogu se dobro upotrijebiti za sortiranje paketa i prtljage, u skladištima za otpremanje robe i sl. Da bi sustav kotrljača poslužio za velike udaljenosti transporta (čak i nekoliko kilometara), uključuju se između pojedinih sekcija kratki kosi trakasti transporteri, koji podižu teret na određenu visinu da bi se ponovno mogao spuštati na gravitacijskim kotrljačama.

Razmak valjaka ne smije biti veći od $1/3\cdots1/4$ duljine tereta. Promjer je valjaka $50\cdots160 \text{ mm}$, a širina $100\cdots1600 \text{ mm}$. Nosivost je jednog valjka do $2,5 \text{ t}$. Kotrljače imaju kut nagiba od $1\cdots4^\circ$, već prema materijalu koji se transportira. Dobro je kad se taj kut može mijenjati da bi se za različite materijale postigla brzina transporta od $0,3\cdots0,5 \text{ m/s}$.

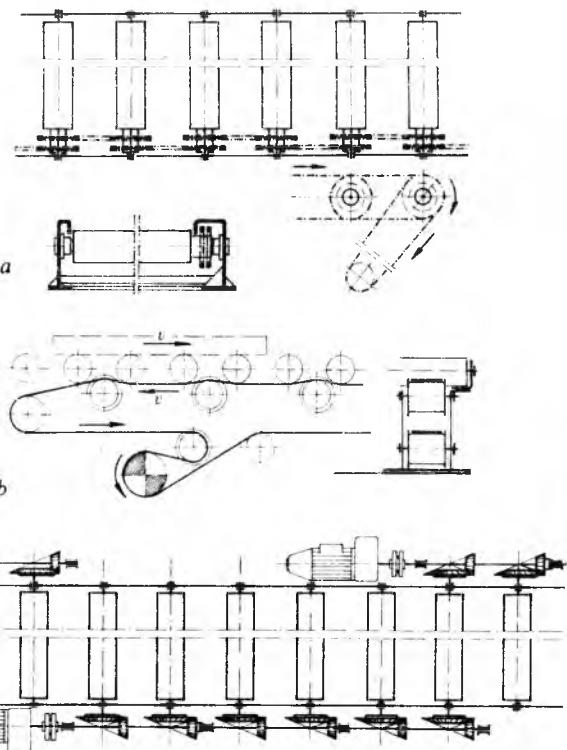
Na kotrljačama se može prenositi samo komadna roba s dovoljno čvrstim dnom. Za laganu komadnu robu umjesto valjaka ugradjuju se kotačići.

Ako je potrebno spuštati komadnu robu na ograničenom prostoru, između katova zgrada ili skladišta brodova, upotrebljavaju se *zavojne kotrljače* (sl. 149b).

Mehanička prenosa bez vučnog elementa

Motorne kotrljače. Dok gravitacijske kotrljače prenose materijal samo niz kosinu, motornim se kotrljačama, koje imaju pogonjene valjke, može prenosi materijal na vodoravnim putovima i putovima koji se blago uspinju. Često je dovoljno da svaki drugi ili treći valjak bude pogonski.

Lake motorne kotrljače po svom su obliku slične gravitacijskim, samo što su im valjci vezani na lančani ili tarni pogon. U tarnom je pogonu uska vlačna traka pritisнутa uz valjke, pa ih trenjem okreće (sl. 150b). Lake motorne kotrljače upotrebljavaju se za transport lagane i srednje teške komadne robe, kao što su sanduci i paketi. Često se uključuju između gravitacijskih kotrljača da bi se roba opet podigla na visinu potrebnu za nastavak transporta gravitacijskom kotrljačom. Upotrebljavaju se i kao uređaji za dopremu robe strojevima u proizvodnji ili u skladištima. Lake motorne kotrljače imaju valjke promjera $60\cdots100 \text{ mm}$ i širine $200\cdots1600 \text{ mm}$. Brzina prijenosa iznosi $0,2\cdots1,0 \text{ m/s}$, a duljina prijenosa do 100 m .



Sl. 150. Motorne kotrljače. a) lančani grupni pogon od motora do jednog valjka i zatim od valjka do valjka, b) tarni pogon pomoću tarne trake, c) grupni pogon pomoću stožastih zupčanika

Teške motorne kotrljače upotrebljavaju se za veoma tešku komadnu robu, kao npr. za posluživanje valjoničkih strojeva. Valjci kotrljače imaju promjer 200...600 mm, širinu do 3000 mm, a u specijalnim slučajevima i više. Zbog toga su valjci najčešće s pojedinačnim pogonom, a grade se i s grupnim pogonom pomoću stožastih zupčanika (sl. 150c).

Pužni transporter najstarije je prenosilo kontinuirane dobave. U pužnom transporteru materijal se kreće u koritu pomoću rotirajućeg puža (sl. 151). Poprečni presjek korita najčešće je u obliku slova U. Korito može biti otvoreno ili zatvoreno poklopcom, a ako je potrebno, korito je gradeno kao nepropusno za prašinu, vodu, plin ili tako da može raditi pod tlakom. Zato se pužnim transporterima mogu bez teškoća prenositi materijali koji praše, smrde, koji su otrovni ili eksplozivni. Ako se želi materijal u pužnom transporteru zagrijavati ili hladiti, izrađuju se korita sa dvostrukim stijenkama, između kojih teče sredstvo za zagrijavanje ili hlađenje. Puž za potiskivanje materijala ima elektromotorni pogon preko mehaničkog prijenosnika. Zbog težine materijala i trenja na stijenkama korita, materijal se ne okreće s pužem. Zbog velikog trenja između materijala i korita, odnosno puža, materijal se i usitnjava. Prema tome, materijali osjetljiva oblika i veoma abrazivni materijali nisu prikladni za transport pužnim transporterom. Za svladavanje sila trenja potrebne su veće pogonske snage nego za ostala prenosila kontinuirane

siti materijal strmo (sl. 153a) ili okomito (sl. 153b), Tada umjesto korita imaju cijev, brzina je vrtnje veća ($n > 3,5 \text{ s}^{-1}$), a zbog povećanog otpora veća je i potrebna snaga.

Pužni transporteri imaju male presjeke, pa se mogu lako smjestiti i u malom prostoru, npr. između strojeva, aparata ili bunkera.

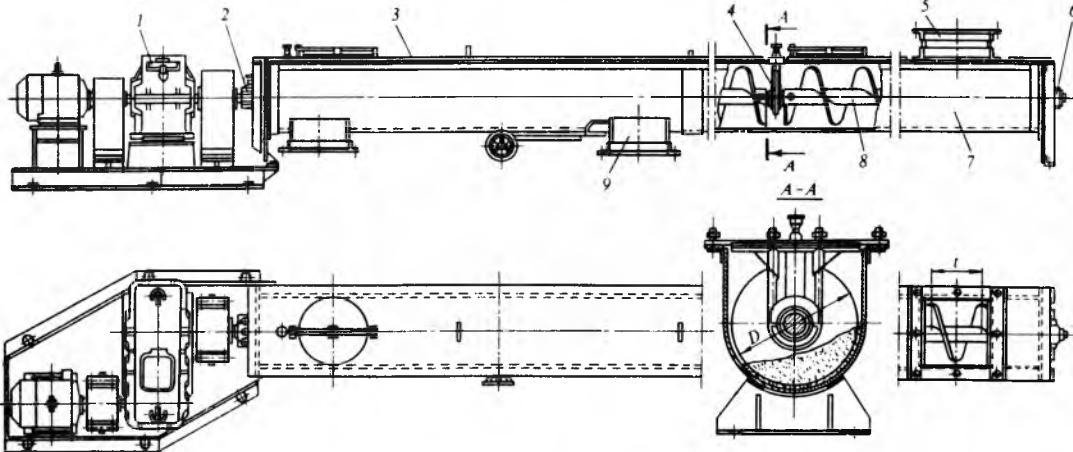
Dobava pužnog transportera obično iznosi do 100 t/h (najviše do 500 t/h), a duljina prijenosa 1...10 m (najviše do 40 m). Puž ima promjer 100...1250 mm, a brzinu vrtnje 0,3...2,3 s⁻¹. Brzina prijenosa materijala rijetko kad doseže 0,5 m/s. Duljina brida grudastog materijala ne smije biti veća od 10% promjera puža, a za materijale nejednolike grudavosti maksimalna duljina brida iznosi 25% promjera puža.

Proces kretanja materijala u pužnim transporterima počeo se istraživati tek prije nekoliko godina, pa se proračun pužnih transporterja još uvijek osniva na iskustvenim ovisnostima.

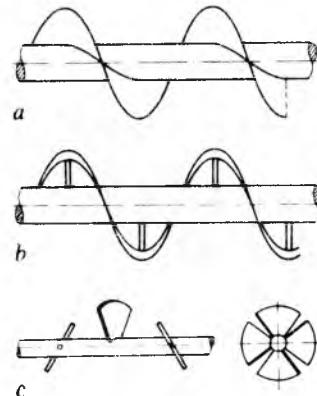
Volumenski protok za kontinuirani tok sirkularnog materijala jednak je umnošku presjeka toka materijala A i brzine prijenosa v , pa je

$$I_v = Av = \frac{d^2\pi}{4} \varphi nh \cdot v \quad (47)$$

Zbog zaostajanja materijala prema pužu množi se izraz (47) s brzinskim koeficijentom c , a ako se dobava pužnog transporterja želi izraziti protokom mase I_m , pomnoži se i s



Sl. 151. Pužni transporter. 1 pogonski mehanizam, 2 i 6 krajnji ležaji, 3 poklopac korita, 4 meduležaj, 5 otvor za nalaganje transporterja, 7 korito, 8 puž, 9 otvor za izlaz materijala

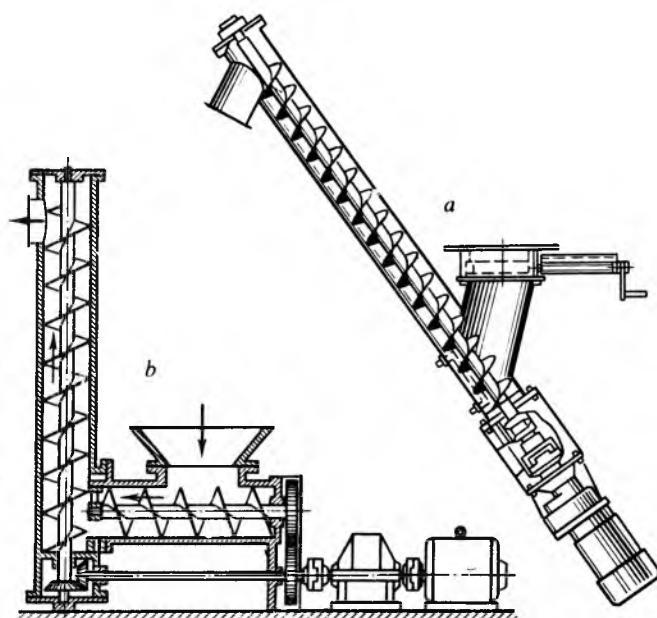


Sl. 152. Puži transporterja. a puni puž, b trakasti puž, c segmentni puž

dobave. U praksi se pužnim transporterima prenosi veoma mnogo različitih sirkularnih materijala.

Puž je najvažniji dio pužnog transporterja. Puž se izvodi kao puni, trakasti i segmentni puž (sl. 152). *Puni puž* se upotrebljava za prašinasti i zrnasti materijal, *trakasti puž* za grudast i ljepljiv materijal (melasa, vruć katran, asfalt), a *segmentni puž* kad je potrebno dodatno miješanje materijala.

Normalni pužni transporteri prenose materijal vodoravno ili na malo nagnutim putovima (do ~20°). Posebne izvedbe pužnih transporterja mogu, uz jako smanjenje dobave, prenosi



Sl. 153. Posebne izvedbe pužnih transporterja. a strmi pužni transporter, b okomiti pužni transporter s pužnim dodavačem materijala

nasipnom gustoćom ϱ , pa je

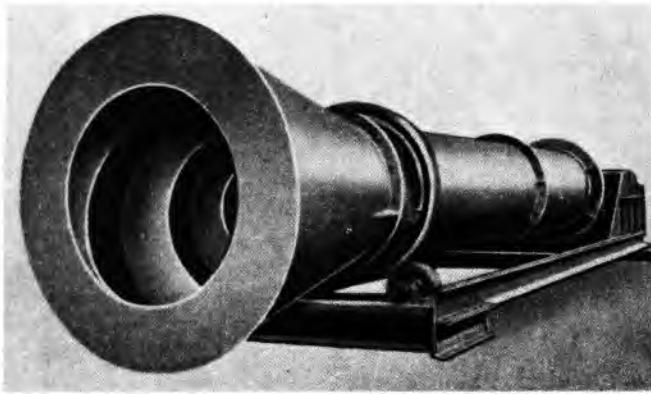
$$I_n = \frac{d^2\pi}{4} \varphi nhc\varrho , \quad (48)$$

gdje je d vanjski promjer puža, φ stupanj punjenja korita ($0,15\cdots0,45$), n brzina vrtnje puža, h korak puža ($h=0,6d\cdots1,0d$), manje vrijednosti h odgovaraju velikim promjerima d), a c brzinski koeficijent ($c\approx 1$ za puni puž, $c\approx 0,8\cdots0,9$ za trakasti puž, $c\approx 0,5\cdots0,8$ za segmentni puž).

Kad se podiže materijal, smanjuje se dobava za $\sim 2\%$ po stupnju uspona; to vrijedi sve do kuta uspona od $\sim 20^\circ$. Za veće uspone ili okomiti prijenos, smanjenje je dobave veće, ovisno o vrsti materijala.

Veća vrijednost stupnja punjenja korita ($\varphi = 0,45$) odabire se za lagan i neabrazivan materijal (suhe žitarice, brašno, ugljena prašina i sl.).

Cijevni pužni transporter (sl. 154) posebna je izvedba pužnog transportera koji ima pužnu traku privarenu na unutrašnju stijenkiju cijevi. Cijev je oslonjena na valjcima i okreće se pomoću ozubljenog vijenca pričvršćenoga na vanjskom obodu cijevi.



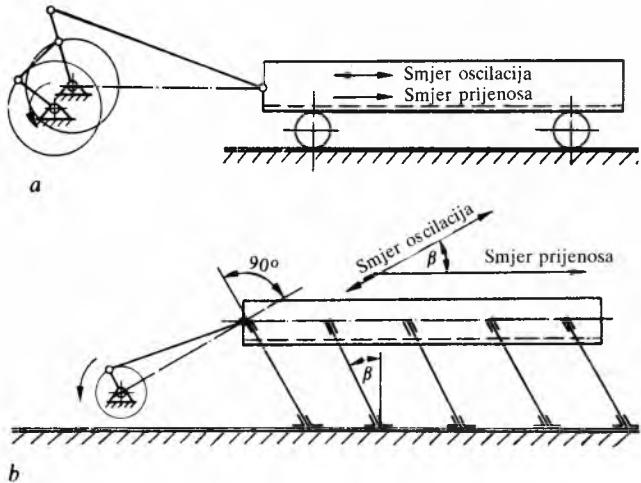
Sl. 154. Cijevni pužni transporter

Brzina vrtnje, korak puža i stupanj punjenja približno su upola manji nego u normalnih pužnih transportera. Cijevni pužni transporterji omogućuju dobro miješanje transportiranog materijala i veoma su prikladni za termičku ili kemijsku obradbu materijala za vrijeme transporta, npr. u okretnim cijevnim pećima tvornice cementa.

Tresivi transporteri služe za transport sirkog i komadnog materijala male veličine, a nekada i velikog komadnog materijala (npr. odjevaka), na vodoravnim i malo nagnutim putovima. Za vertikalni transport postoje tresivi transporteri posebne izvedbe. Karakteristično je da sve transporterne da se žlijeb napunjen materijalom periodički giba amo-tamo, pa se materijal ubrzava i zbog sile inercije kreće uzduž žlijeba. Tresivi transporteri na kojima se materijal za vrijeme transporta ne podiže s dna žlijeba nego kliže nazivaju se oscilacijskim transporterima. Ako se materijal podiže s dna žlijeba i skokovito napreduje po žlijebu, takvi se transporteri nazivaju vibracijskim transporterima. Tresivi transporteri veoma su prikladni za doziranje materijala i kao odvod iz bunkera, a nisu upotrebljivi za ljepljive ili veoma vlažne materijale.

Oscilacijski transporteri rade na principu klizanja materijala. Postoje dvije grupe takvih transporterata, koji se razlikuju prema tome da li je pritisak materijala na žlijeb nepromjenljiv ili promjenljiv. Oscilacijski transporteri s *nepromjenljivim pritiskom materijala* imaju žlijeb koji se na valjcima ili kotačima nejednoliko giba naprijed-natrag (sl. 155a). Maksimalno ubrzanje pri gibanju naprijed odabire se tako da sila trenja između žlijeba i materijala bude veća od sile inercije materijala, pa se materijal ne pomiče po žlijebu, nego se zajedno sa žlijebom giba naprijed. Tek kad se uspori gibanje žlijeba unaprijed ili pri naglom povratnom gibanju, sila inercije materijala postane veća od sile trenja i materijal se

kližući po žlijebu pomiče naprijed. Da bi se mogao upotrijebiti što jednostavniji pogonski mehanizam (npr. koljenčasti mehanizam s konstantnom kutnom brzinom), koji ostvaruje jednoliko gibanje naprijed-natrag, izrađuju se oscilacijski transporteri s nepromjenljivim pritiskom materijala na podlogama s malim padom. Takvi se transporteri često upotrebljavaju u rudničkim jamama.

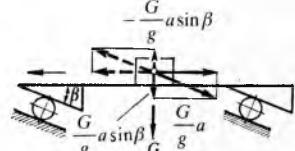


Sl. 155. Princip rada tresivih transporterata. a oscilacijski transporter s nepromjenljivim pritiskom materijala na žlijeb, b oscilacijski transporter s promjenljivim pritiskom materijala na žlijeb

Transporter s nepromjenljivim pritiskom materijala ima ograničeno ubrzanje pri kretanju naprijed, pa je i protok materijala tokom jednog pomaka žlijeba relativno malen. Da bi se protok povećao, potrebno je povećati ubrzanje, a to se može postići većim pritiskom materijala na žlijeb, jer je tada i sila trenja između materijala i dna žlijeba veća. Oscilacijski transporteri s *promjenljivim pritiskom materijala* omogućuju to povećanje pritiska materijala na žlijeb (sl. 155b). Žlijeb takvih transporterata giba se koso naprijed prema gore i koso natrag prema dolje (sl. 156). Uz vertikalnu komponentu ubrzanja pri kretanju žlijeba prema naprijed (ulijevo na slici)

pritisak djelića materijala težine G na žlijeb iznosi $G + \frac{G}{g} \cdot a \cdot \sin\beta$, gdje je g ubrzanje sile teže, a a ubrzanje žlijeba. Taj pritisak pri kretanju natrag (udesno na slici) iznosi $G - \frac{G}{g} \cdot a \cdot \sin\beta$, što znači da se pritisak materijala mijenja za vrijeme rada transporterata. Pri kretanju žlijeba prema naprijed poveća se sila trenja što djeluje na promatrani djelić i iznosi $(G + \frac{G}{g} \cdot a \cdot \sin\beta)\mu_0$, gdje je μ_0 koeficijent trenja mirovanja između materijala i žlijeba. Povećanje sile trenja $\mu_0 \frac{G}{g} a \cdot \sin\beta$ u odnosu na transporter s nepromjenljivim pritiskom omogućuje veće ubrzanje pri kretanju naprijed, pa se postižu mnogo veći protoci materijala.

Sl. 156. Tresivi transporter s promjenljivim pritiskom materijala na žlijeb. O maksimalnom ubrzaju u vertikalnom smjeru ovisi da li će transporter raditi na principu klizanja (oscilacijski transporteri) ili na principu bacanja (vibracijski transporteri)



Oscilacijski transporteri s nepromjenljivim pritiskom i oni s promjenljivim pritiskom za koje tzv. karakteristika bacanja zadovoljava uvjet

$$A = \frac{a_{\max} \sin\beta}{g} < 1 \quad (49)$$

rade na principu klizanja, tj. materijal stalno kliže po žlijebu. Ako je karakteristika bacanja transporterata veća od jedinice,

$A > 1$ ($1,2 \dots 3,5$), materijal se odbacuje od žlijeba i skokovito se kreće po žlijebu naprijed. Takvi transporteri rade na principu bacanja, a nazivaju se vibracijskim transporterima.

Protok mase oscilacijskih transporterata doseže do 300 t/h, a može se odrediti iz izraza

$$I_m = 3600 A \varphi v_s \varrho, \quad (50)$$

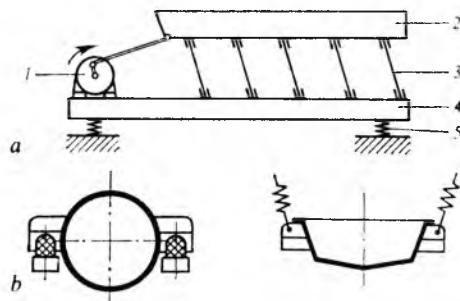
gdje je A poprečni presjek žlijeba, φ stupanj punjenja žlijeba ($0,5 \dots 0,6$), v_s srednja brzina kretanja materijala ($0,1 \dots 0,5$ m/s) a ϱ nasipna gustoća. Amplituda oscilacija žlijeba iznosi $50 \dots 150$ mm, frekvencija uzbude (pogonska frekvencija) $1 \dots 2$ Hz, širina žlijeba $1,6$ m (najviše do 4 m), visina materijala u žlijebu do 300 mm, a maksimalni kut nagiba, odnosno kut uspona 15° .

Kad je kut uspona veći od $3 \dots 4^\circ$, naglo opada kapacitet oscilacijskih transporterata, pa se zato najčešće upotrebljavaju za male nagibe.

Za pogon oscilacijskih transporterata služi elektromotor s koljenčastim mehanizmom ili dvoradni zračni cilindar neposredno vezan sa žlijebom. Zbog jednostavne konstrukcije i male visine oscilacijski transporter mogu se dobro prilagoditi raspoloživom prostoru. To je i razlog što se oscilacijski transporteri s pneumatskim pogonom često upotrebljavaju u rudničkim jamama. Zbog neprestanog trenja između materijala i žlijeba te jakih dinamičkih naprezanja zbog neuravnovetnih masa oscilacijske transporterete sve više potiskuju vibracijski transporteri.

Vibracijski transporteri rade na principu bacanja. Prema oscilacijskim transporterima imaju male amplitude žlijeba ($0,05 \dots 15$ mm) i velike frekvencije uzbude ($5 \dots 50$ Hz pa i više). Mogu transportirati materijal horizontalno ili koso pod kutom uspona ili pada do 15° (rjeđe 20°).

Vibracijski sustav transporterata sastoji se od nosivog dijela (žlijeba ili cijevi, sl. 157b), elemenata za podržavanje, pera za akumulaciju energije i pogonskog mehanizma (sl. 157a). Razlikuju se vibracijski sustavi jedne mase i vibracijski sustavi dviju masa.



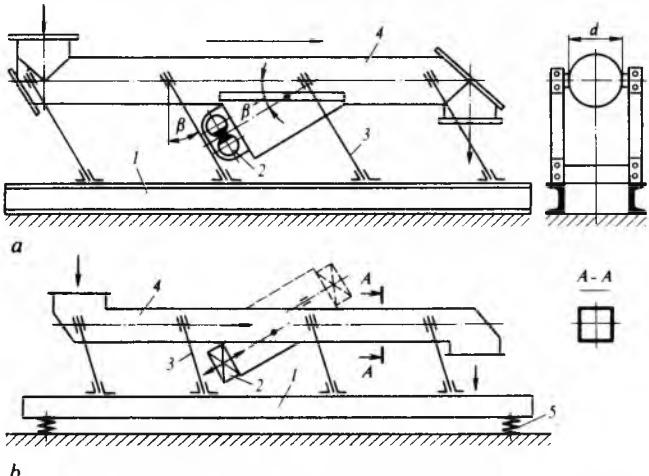
Sl. 157. Vibracijski transporter. a shema vibracijskog sustava, b presjeci žlijeba; 1 pogonski mehanizam (koljenčasti), 2 žlijeb, 3 podržavajući element (lisnate opruge), lisnate opruge kao podržavajući elementi preuzimaju i funkciju akumuliranja energije), 4 protivvibracijski okvir, 5 opružni amortizer

U sustavu jedne mase korisnu masu čine: žlijeb i s njim čvrsto povezan uzbudnik zajedno s materijalom koji leži na žlijebu. Na žlijebu leži približno $10 \dots 20\%$ materijala, a $80 \dots 90\%$ materijala neprestano lebdi. Korisna je masa pomoću više mehaničkih opruga od čelika ili gume oslonjena na čvrsti temelj ili nepomični okvir, odnosno obješena je za neku nosivu konstrukciju (sl. 158a). Sustavi jedne mase rade najčešće u natkritičnom pogonskom području. Prednost im je u tome što se amplitude žlijeba, frekvencije uzbude itd. jednostavno podešavaju prema pogonskim uvjetima, ali na oslonac djeluju veće dinamičke sile.

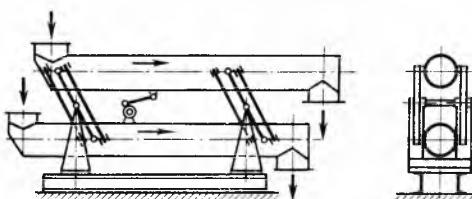
U sustavu dviju masa korisna je masa preko opruga povezana s pomičnim okvirom, kao protumasom, a pomični je okvir preko opruga oslonjen na nepomični okvir ili čvrsti temelj (sl. 158b). U vibracijskim transporterima sa dvije cijevi (sl. 159) pomični je okvir zamijenjen donjom cijevi iste mase, u kojoj se materijal kreće u istom smjeru kao i u gornjoj cijevi. Sustavi dviju masa rade u potkritičnom i natkritičnom

području, ali najčešće blizu rezonancije (rezonancijski vibracijski transporteri), pa je zbog toga potrebna veoma mala pogonska snaga. Dinamički su uravnoveženi, ali podešavanje pogonskim uvjetima nije tako jednostavno. Osim toga viši su nego sustavi s jednom masom.

Postoje dva načina podržavanja nosivog dijela (žlijeba ili cijevi). Cijev ili žlijeb podržava se klatnima, koja mogu biti izrađena i kao lisnate opruge. Tada žlijeb ima samo jedan stupanj slobode gibanja, tj. žlijeb je prisilno voden. Ako je žlijeb obješen ili oslonjen pomoću gumenih ili mehaničkih spiralnih opruga, on ima šest stupnjeva slobode gibanja, pa zbog toga zahtijeva upravljenu uzbudnu silu.



Sl. 158. Vibracijski transporteri. a sustav jedne mase, b sustav dviju masa s centrifugalnim ili elektromagnetskim pogonskim mehanizmom; 1 okvir, 2 pogonski mehanizam, 3 podržavajući elementi (lisnate opruge kao podupore), 4 žlijeb (cijev), 5 opružni amortizer

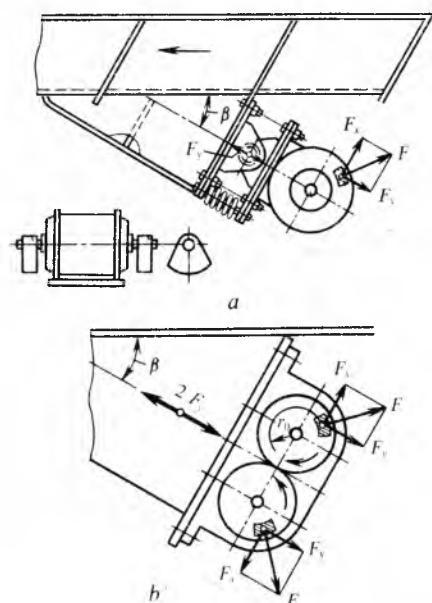


Sl. 159. Vibracijski transporteri dviju masa s koljenčastim pogonskim mehanizmom s dvije cijevi (žlijeba)

Pogonski mehanizam vibracijskog transporterata može biti mehanički, elektromagnetski, pneumatski ili hidraulički.

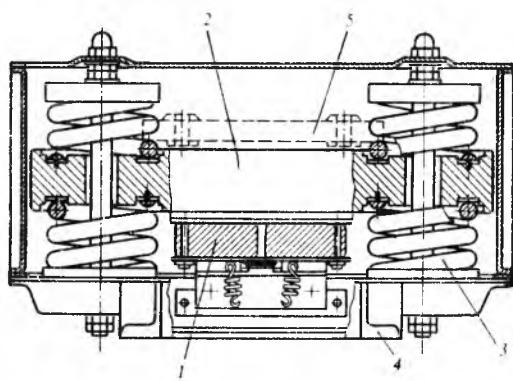
Koljenčasti pogonski mehanizam (sl. 159) radi se s amplitudom žlijeba $3 \dots 15$ mm i frekvencijom uzbude $5 \dots 25$ Hz ($600 \dots 3000$ kolebanja žlijeba u minuti). Maksimalni uspon, odnosno pad transporterata s takvim pogonom iznosi $5 \dots 10^\circ$, a duljina žlijeba $2 \dots 50$ m. Brzina je kretanja materijala $0,3 \dots 0,7$ m/s, a protok mase do 400 t/h. Koljenčasti pogonski mehanizam često se primjenjuje za uravnovežene vibracijske transporterete sa dvije cijevi.

Centrifugalni pogonski mehanizmi (sl. 160) mehanički su vibratori. Debalansni centrifugalni pogonski mehanizmi imaju jedan uteg. Centrifugalna sila što nastaje pri okretanju utega prenosi se na nosivi dio transporterata (žlijeb ili cijev) preko ploče (sl. 160a) pomoću šarnira i opruge tako da se djelovanje sile prenosi samo u smjeru osi y , tj. djeluje samo komponenta centrifugalne sile F_y . Autobalansni centrifugalni pogonski mehanizmi imaju dva utega, od kojih je svaki vezan uz svoj zupčanik koji se okreće u suprotnom smjeru (sl. 160b). Zbog toga se centrifugalne sile obaju utega zbrajaju kad padnu u os y , a poništavaju u osi x , pa se na žlijeb prenosi sila $2F_y$, dok se sile F_x poništavaju. Takvi pogonski mehanizmi izvode se s amplitudom žlijeba $0,5 \dots 5$ mm i frekvencijom uzbude $10 \dots 50$ Hz. Maksimalni uspon, odnosno pad transporterata iznosi $10 \dots 15^\circ$, a duljine žlijeba $0,5 \dots 10$ m (najviše do 50 m). Materijal se kreće brzinom od $0,05 \dots 0,4$ m/s. Centrifugalni pogonski mehanizmi omogućuju bešuman rad transporterata. Zbog vibracija vijek je trajanja ležajeva malen.



Sl. 160. Centrifugalni pogonski mehanizam. *a* debalansni, *b* autobalansni

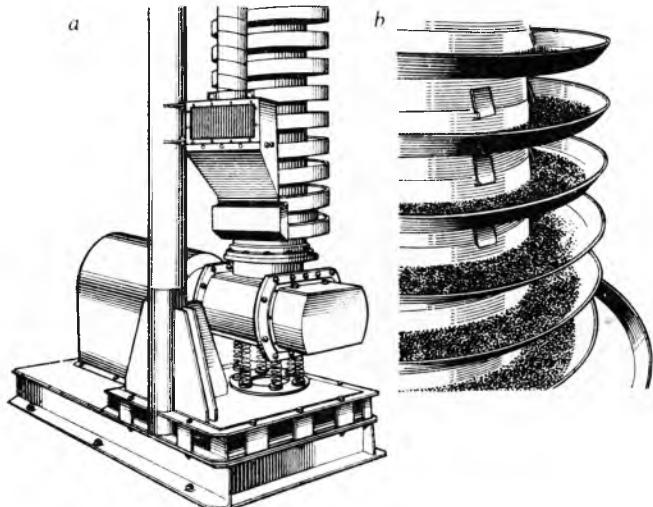
Elektromagnetni vibrator (sl. 161) pričvršćuje se na žlijeb transportera preko pričvrsnog okvira na kojem je elektromagnet (to sve spada u korisnu masu). Kotva magneta s eventualnim dodatnim utezima predstavlja protumasas (slobodnu stranu) koja je preko prednapregnutih tlačnih opruga (akumulacijskih opruga) povezana s korisnom masom. S obzirom na žlijeb podržavan oprugama i ugradene akumulacijske opruge u elektromagnetski vibrator tu se radi o sustavu dviju masa, ali s veoma malenom protumasom. Nedostatak je takvih pogonskih mehanizama što imaju veoma male amplitudine žlijeba ($0,05\text{--}2\text{ mm}$), a pri kolebanju napona u električnoj mreži dobava je nejednolika. Budući da magnetska sila oscilira s dvostrukom frekvencijom mreže, to će transporter priključen na mrežu frekvencije 50 Hz raditi sa 6000 kolebanja u minuti. Uključivanjem električnog ventila može se postići i 3000 kolebanja u minuti. Maksimalni uspon, odnosno pad transporter-a s elektromagnetskim pogonom iznosi $15\text{--}20^\circ$, a duljine žlijeba $0,1\text{--}5\text{ m}$ (najviše do 10 m). Brzina je kretanja materijala $0,01\text{--}0,20\text{ m/s}$.



Sl. 161. Elektromagnetni vibrator. 1 elektromagnet, 2 kotva, 3 opruga, 4 pričvrsni okvir, 5 dodatni uteg

Vibracijski transporteri su prikladni za sve neljepljive i za veoma abrazivne materijale. U području srednjih dobava (do $\sim 200\text{ t/h}$) i srednjih duljina transporta (do $\sim 50\text{ m}$) vibracijski transporteri sve se više upotrebljavaju zbog sljedećih dobrih svojstava: neznatno se habaju, gotovo ne trebaju nikakvo održavanje, pogonska snaga je malena, a mogućnosti reguliranja dobre. Budući da se unutrašnje stijenke žlijeba mogu zaštititi različitim presvlakama, vibracijski su transporteri prikladni i za agresivne i vruće materijale, a mogu služiti i za

provodenje nekih tehnoloških operacija (prosijavanje, ohlajivanje i sl.). Potrebna pogonska snaga nešto je veća nego za trakaste transporterne, ali manja nego za pužne transporterne. Velike se dobave (do 1000 t/h) postižu njihovom upotrebom kao dodavača smještenih na izlazu iz bunkera. Elektromagnetski vibracijski transporteri pogodni su za doziranje materijala, jer im se mogu kontinuirano regulirati amplitudine i jer se nakon obustave pogona trenutno zaustavlja dobava.



Sl. 162. Zavojni vibracijski transporter. *a* pogonski mehanizam, *b* zavojni žlijeb

Zavojni vibracijski transporteri upotrebljavaju se za vertikalno prenošenje materijala do visine $3\text{--}8\text{ m}$. Za veće visine nisu prikladni. Promjer iznosi $120\text{--}1000\text{ mm}$ (sl. 162), a maksimalna dobava 20 t/h . Oni slobodno vibriraju oslonjeni na opruge, a pokreću ih dva centrifugalna uzbudnika međusobno pomaknuta za 180° . Rjedi je pogon pomoću elektromagnetskog vibratora, jer su tada manje i maksimalna visina prijenosa materijala (3 m) i maksimalna dobava (5 t/h). Takvi se transporteri upotrebljavaju i kao uređaji za dopremu materijala strojevima.

Mehanička prenosa s vučnim elementom

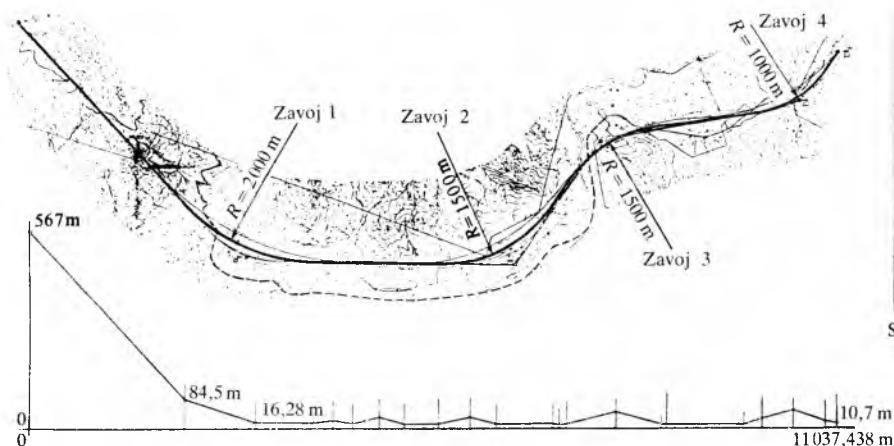
Trakasti transporteri prenose sipki materijal ili komadnu robu na horizontalnim ili malo nagnutim trakama koje su ujedno nosivi i vlačni dijelovi transporter-a. Traka se kreće na nosivim valjcima ili rijede na kliznoj ploči, zračnom jastuku i magnetnom jastuku. Prema obliku nosivih valjaka traka transporter-a može biti ravna ili koritasta. Trakasti transporteri izvode se kao stacionarni, prenosivi ili prijevozni.

Trakasti transporteri imaju široku i raznovrsnu primjenu u rudnicima, metalurškoj i kemijskoj industriji, na građevnim i zemljanim radilištima, u prehrambenoj industriji, poljoprivredi, skladištima i prometu, gdje dolazi u obzir i prenošenje komadne robe kao što su vreće, sanduci, paketi i sl. U industriji se upotrebljavaju istodobno i kao radna podloga (proizvodnja na traci). Trakasti transporteri služe za male protoke masa i kratke udaljenosti, te za velike protoke (40 000 t/h) i velike duljine prijenosa (100 km).

Trakasti transporteri veoma su ekonomična transportna sredstva za velike udaljenosti.

Takva **trakasta cesta** (terenski trakasti transporter) duljine 11 km (sl. 163) izgrađena je u Novoj Kaledoniji gdje služi za prijenos niklene rudače iz rudnika u unutrašnjosti zemlje do luke. Godišnji kapacitet postrojenja iznosi $2\cdot10^6\text{ t}$, pa nadomješta vozni park od 60 teških teretnjaka. Nazivni kapacitet tog transporter-a iznosi 560 t/h , širina trake 800 mm , a brzina se može regulirati kontinuirano od $0\text{--}3,6\text{ m/s}$. Za pogon trake služi elektromotor snage 800 kW , koji okreće bubanj promjera 1250 mm.

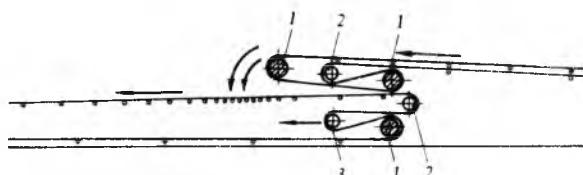
Godine 1972. tvornica Krupp izgradila je u zapadnoj Sahari trakastu cestu duljine oko 100 km (sl. 164), koja je tada bila najduža na svijetu. Sastojala se od 11 trakastih transporter-a duljine 9--12 km. Svaki transporter ima 3 pogonske bubenja. Raspor redoslijeda na predajnoj stanici prikazan je na sl. 165. Traka je široka 1 m, brzina trake $4,5\text{ m/s}$, a protok 2000 t/h . Ukupna pogonska snaga iznosi $19\,300\text{ kW}$.



Sl. 163. Trasa trakastog transportereta duljine 11 km sa četiri horizontalna zavoja (Nova Kaledonija)



Sl. 164. Trakasta cesta duljine ~100 km u Zapadnoj Sahari

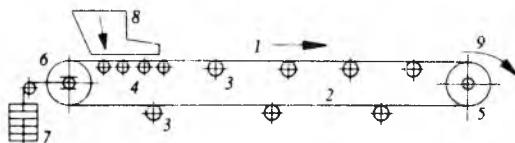


Sl. 165. Predajna stanica dvaju tračnih transportereta. 1 pogonski bubenjevi, 2 povratni bubenjevi, 3 natezni bubenj

Postoje projekti za još dulje trakaste ceste, kao npr. duljine 210 km (od Rotterdam do Duisburga) sa 30 trakastih transportereta dugih po 7 km. Trakastom bi se cestom prenosila rudača uz protok mase od 7200 t/h.

Podjela trakaste ceste na pojedinačne transportere potrebna je zbog ograničene čvrstoće trake i radi prilagodavanja terenskim uvjetima. Što je manje predajnih stanica, transport je trakastom cestom ekonomičniji, jer su manje investicije i manji troškovi održavanja. Takav transport u prednosti je pred kamionskim transportom (veća sigurnost i manje radnika), a i pred transportom pomoću žičara.

Osnovna shema trakastog transportereta prikazana je na sl. 166. Brzina trake za komadni materijal iznosi $0,5\cdots1,5$ m/s, a za sipki materijal $1\cdots6$ m/s. Normalno su transporteri dugi do 500 m, rijede do 5000 m i više. Uspon transportereta može doseći omjer 1:3. Trake su široke $0,2\cdots2$ m (najviše do 3,2 m), promjeri bubenja 200…2000 mm, a promjeri nosivih valjaka 65…220 mm. Da bi se postigli protoci mase od 30000 t/h, što je potrebno npr. za prenošenje jalovine u rudnicima ugljena, potrebne su trake široke 3 m s brzinama većim od 5 m/s.

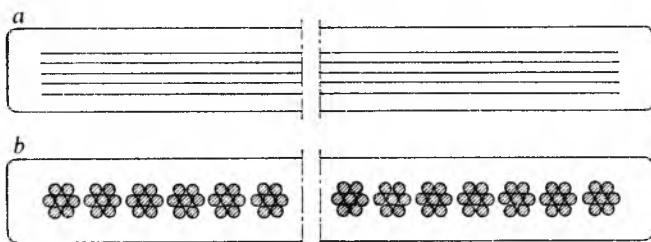


Sl. 166. Shema trakastog transportereta. 1 gornji, radni dio trake, 2 donji, jalovi dio trake, 3 nosivi valjci, 4 valjci ispod utovarnog uređaja, 5 pogonski bubanj, 6 natezni bubanj, 7 natezni uteg, 8 usipni lijeval utovarnog uređaja, 9 istovar materijala (preko glave)

Traka je najvažniji i najčešće najskuplji dio trakastog transportereta. Traka može biti od tekstila, gume ili polimernih materijala s ulošcima kao vučnim elementima (transporter s mekom trakom), od žičanog pletiva (transporter sa žičanom trakom) ili od čeličnog lima (transporter s čeličnom trakom).

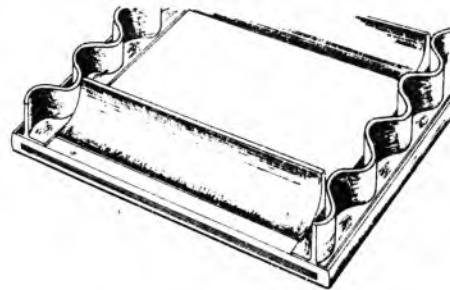
Tekstilne trake od svile ili pamuka bez gumene prevlake upotrebljavaju se rijetko, i to za vrlo luke materijale, npr. u tvornicama cigareta.

Najrasprostranjenije su **gumene trake** (sl. 167). Vučni je element gumene trake uložak od pamuka ili od polimernih materijala. Uložak je prekriven gumenim pločama debljine $1\cdots6$ mm. Gumene trake za vrlo velike vučne sile imaju uložak



Sl. 167. Presjek gumene trake, a s uloškom od pamuka ili polimernih materijala, b s uloškom od čelične užadi

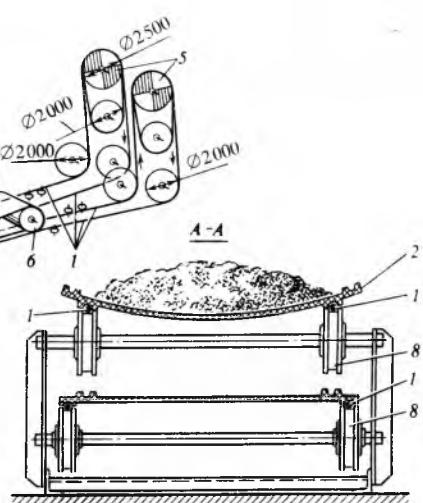
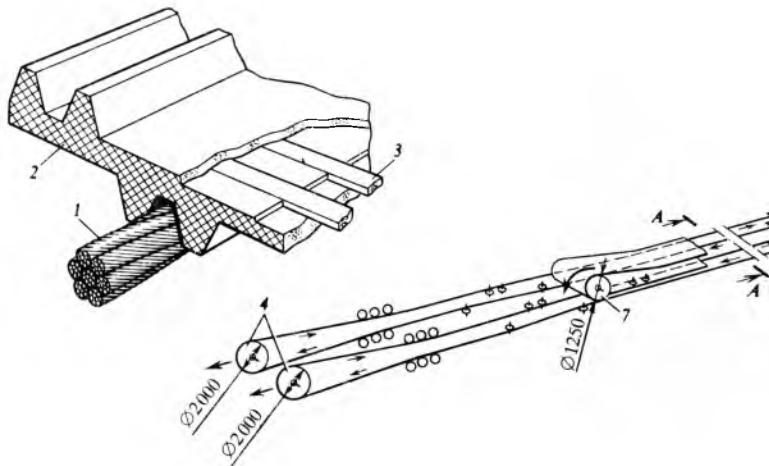
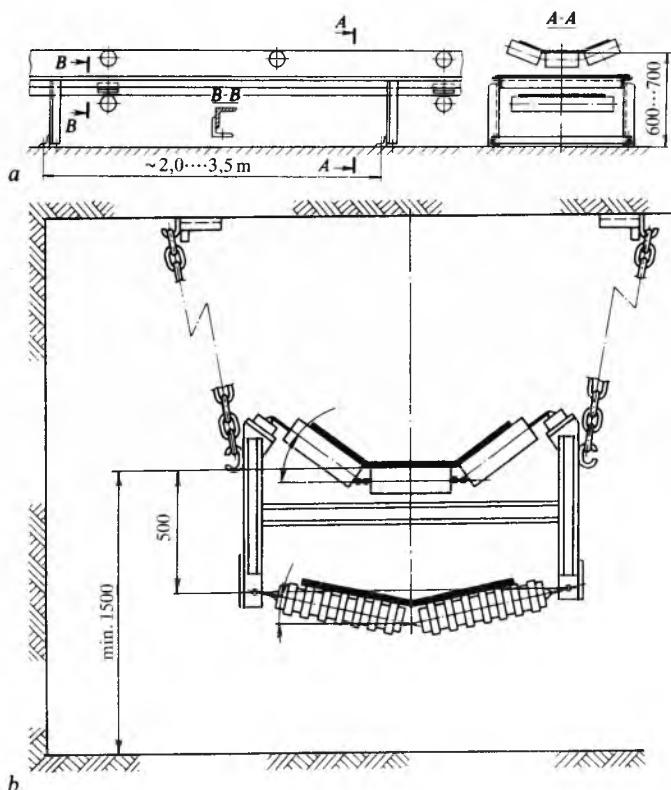
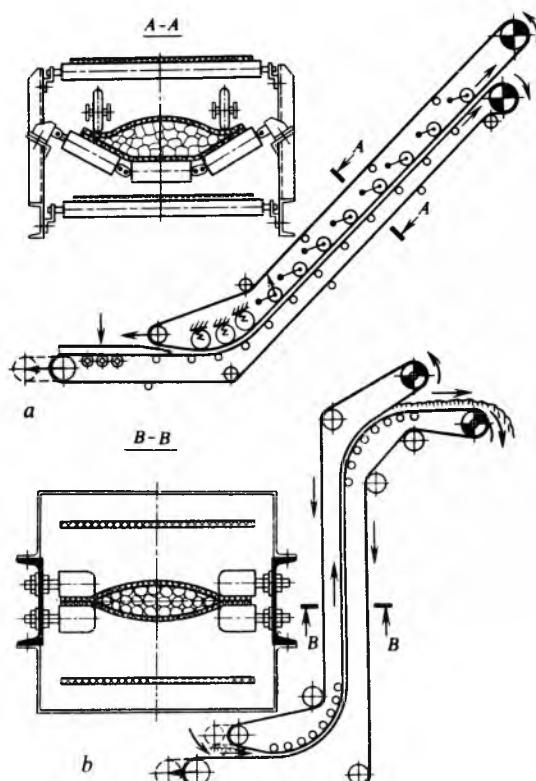
od čelične užadi. Trake otporne na visoke temperature, kakve se upotrebljavaju u rudnicima i metalurškoj industriji, imaju uloške omotane sintetičkom gumom, poli(vinil-kloridom) i sl. Računska vlačna čvrstoća trake transportera navodi se u N/mm širine trake. Ona za gumene trake s ulošcima od pamuka iznosi $50\cdots100$ N/mm, od poliamidne svile 160 do 630 N/mm, a s uloškom od čelične užadi 1000…6000 N/mm.



Sl. 168. Transportna traka s navulkaničanim naboranim rubovima i poprečnim pregradama (za uspone do 70°)

Za transporterete s većim kutom nagiba izrađuju se posebne vrste traka s nosivom površinom različitih profila, s poprečnim rebrima ili s naboranim rubovima i pregradama (sl. 168). Kut nagiba transportereta s takvim trakama može iznositi do 70°, dok je s glatkim trakama ovisan o vrsti transportiranog materijala, a iznosi do 28°. Za još strmiji transport pa sve do okomitoga izrađuju se **transporteri sa dvije trake** (sl. 169). Dvije mekane trake oblikuju neku vrstu zatvorenog žljeiba kojim se prenosi materijal. Osim sipkog materijala, trakama se može prenositi i komadna roba. Jedna je od varijanata transportereta s mekanim trakama **trakasti transporter s vučnim užetom** (sl. 170). Traku transportereta nose dva vučna čelična užeta pokretana neovisnim pogonskim užetnicima. Takvi transporteri mogu biti dugi $10\cdots15$ km (s jednom trakom). Ipak se takvi transporteri rijetko upotrebljavaju zbog glomaznog pogona, kratkog vijeka trajanja vučnih užeta ($3\cdots6$ mjeseci) i ograničene širine trake (do 1200 mm).

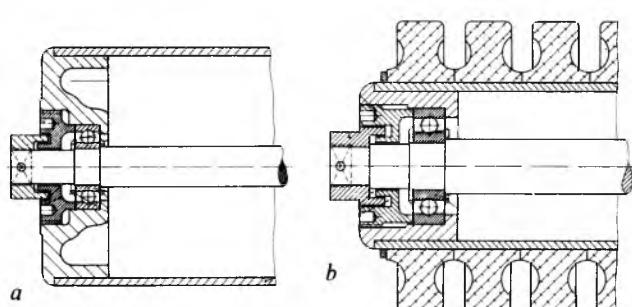
Nosivi valjci, pogonski i natezni bubenjevi te, ako postoje, utovarni i istovarni uređaji montiraju se na **nosivu konstrukciju**



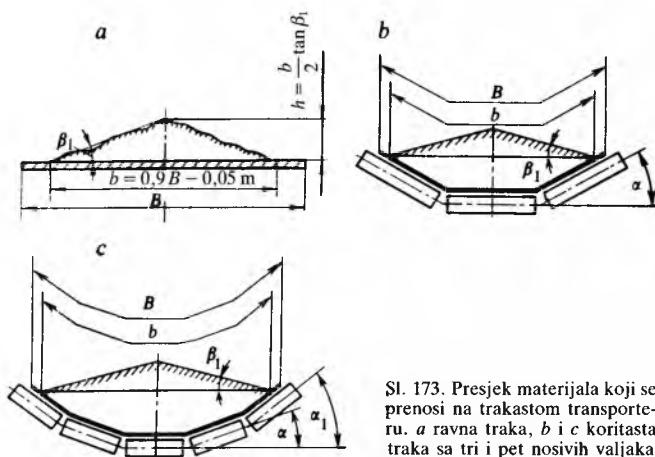
Sl. 170. Trakasti transporter s vučnim užetom. 1 vučno čelično uže, 2 traka, 3 u traku uvulkanizirane plosnose čelične opruge, 4 natezni užetnici, 5 pogonski užetnici, 6 natezni bubanj, 7 povratni bubanj, 8 nosivi užetnici

transportera. Nosiva konstrukcija stacionarnih transporterera pričvršćena je na pod ili na most za transportere (sl. 171a), a u rudnicima je obično obješena o lance ili čeličnu užad (sl. 171b). Nosiva konstrukcija može se izraditi tako da se transporter može prenositi ili prevoziti. **Nosivi valjci** su (sl. 172) izbalansirani i imaju valjne ležajeve s trajnim podmazivanjem. Veći se prijenosni kapacitet materijala postiže ako se umjesto jednog nosivog valjka u slog nosivih valjaka smjeste dva do pet kraćih nosivih valjaka (sl. 173) tako da traka dobije koritast oblik s kutovima nagiba bokova 15...36°. Donji, jalovi dio trake podupire se dugačkim nosivim valjkom. Na mjestima utovara, gdje se nalaze uređaji za punjenje traka, najčešće se nosivi valjci postavljaju vrlo gusto i oblažu mekanom gumom (sl. 172b) da bi se ublažili udarci.

Površina poprečnog presjeka materijala na traci mijenja se sa širinom trake B , s oblikom trake koji odgovara razmještaju nosivih valjaka u slogu (sl. 173) i s nasipnim

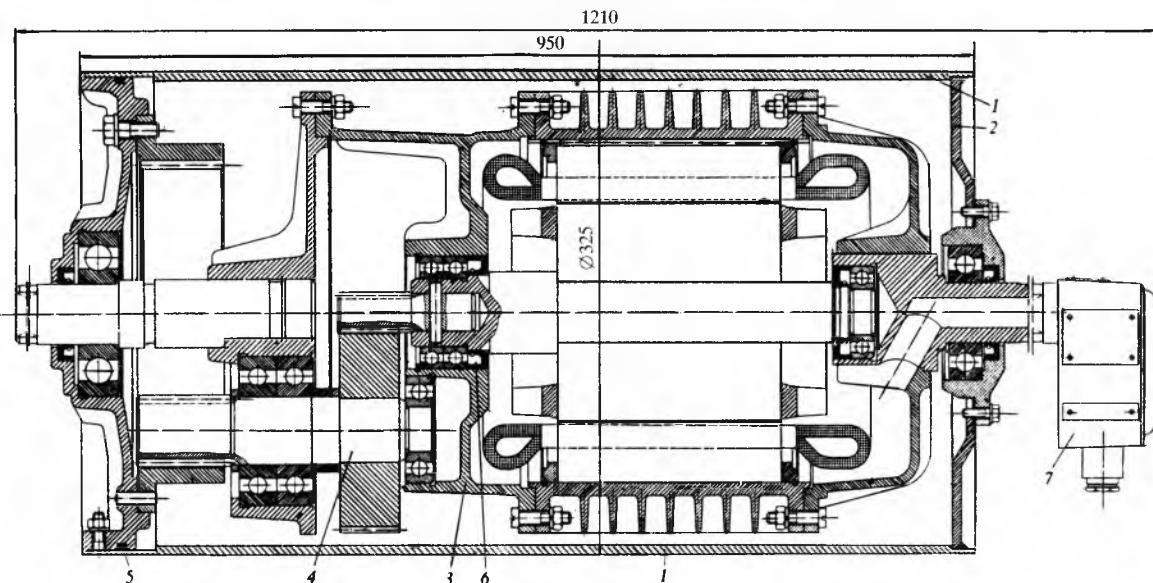
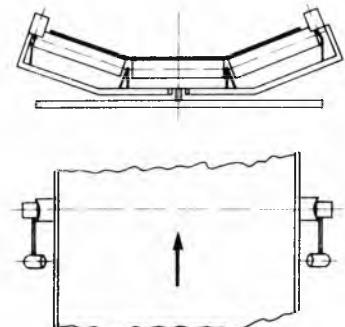


kutom na traci u pokretu. Pretpostavlja se da je presjek materijala na ravnoj traci trokut s bazom $b = 0,9B - 0,05m$,



Tablica 4
VRIJEDNOSTI FAKTORA C ZA RAZLIČITE OBLIKE POPREČNOG PRESJEKA
MATERIJALA NA TRACI U POKRETU

Karakteristike nosivih valjaka i tereta	Ravna	Oblik trake				
		Koritasta – broj nosivih valjaka				
		2	3	5		
Kut nagiba nosivih valjaka	α	—	15°	20°	30°	18°
Nasipni kut materijala na traci u pokretu β_1	α_1	—	—	—	—	54°
C	240…325	450…535	470…550	550…625	585…655	600…675



pa je površina presjeka

$$A = \frac{b}{2} \cdot \frac{b}{2} \tan \beta_1 = \frac{b^2}{4} \tan \beta_1. \quad (51)$$

Nasipni kut na traci u pokretu β_1 iznosi približno 1/3 od nasipnog kuta na mirnoj podlozi. Koritasta traka (sl. 173b i c) omogućuje veću površinu presjeka materijala, pa tako i veću dobavu transporteru uz zadani brzinu i širinu trake. Budući da je površina presjeka materijala proporcionalna kvadratu širine b , volumenski je protok materijala

$$I_v = C(0,9B - 0,05 \text{ m})^2 v \varrho, \quad (52)$$

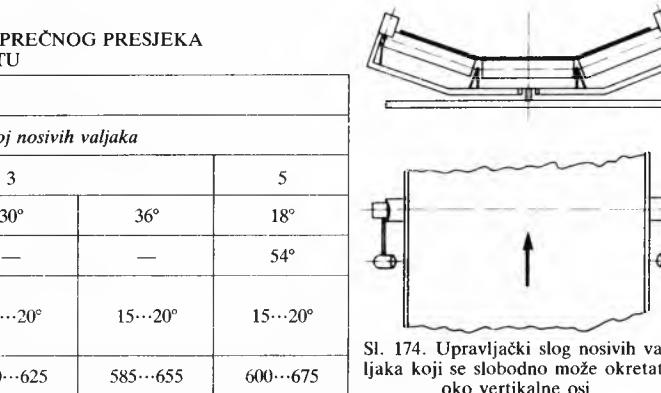
a protok mase

$$I_m = C(0,9B - 0,05 \text{ m})^2 v \varrho, \quad (53)$$

gdje je ϱ nasipna gustoća materijala, v brzina kretanja materijala, a C faktor ovisan o obliku presjeka materijala na traci (tabl. 4).

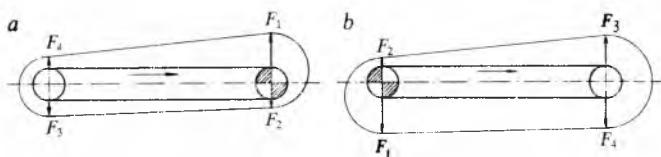
Ako je transport na usponu (kut uspona δ), potrebno je volumenski protok (52), odnosno protok mase (53) još pomnožiti s faktorom smanjivanja k , koji ovisi o kutu uspona δ . Za $\delta = 5\cdots 30^\circ$ k ima vrijednost 0,99…0,80. Dodatno smanjenje od 0…50% može nastati i zbog nejednolike raspodjele materijala na traci.

Konstrukcijom i montažom potrebno je postići potpuno ravan hod trake na ravnim dionicama i točno vođenje trake zavojima transporteru. To se može postići ugradbom okretnog sloga nosivih valjaka s malim valjcima sa strane (sl. 174), ugrađenima svakih 20…25 m.

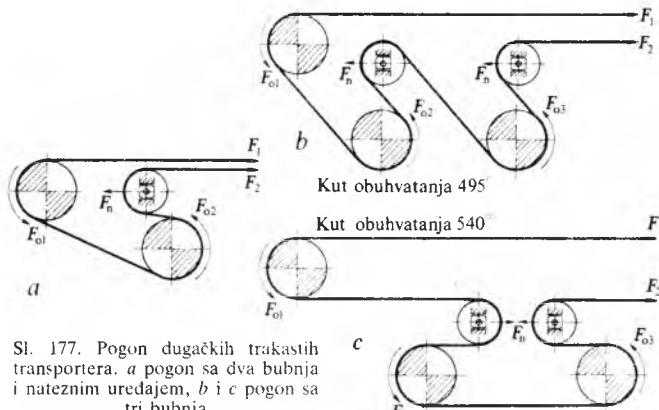


Pogonski mehanizam trakastih transporteru sastoje se od motora, reduktora i pogonskog bubenja. Kao pogonski motor služe kavezni asinhroni motori s reduktorom i spojkom za pokretanje, ili kolutni asinhroni motori. Motor i reduktor vezani su na pogonski bubenj sa strane, ili su ugradeni u pogonski bubenj (elektromotorni bubenj, sl. 175). Sila se trenjem prenosi s pogonskog bubenja na traku. Za kratke trake najčešći je pogon s jednim bubenjem (sl. 176), koji može biti smješten uz glavu (pogon na istovarnom kraju) ili na kraju (pogon u blizini utovarnog mjesto). Dugački trakasti transporteri imaju pogon s više pogonskih bubenjeva da bi se povećao

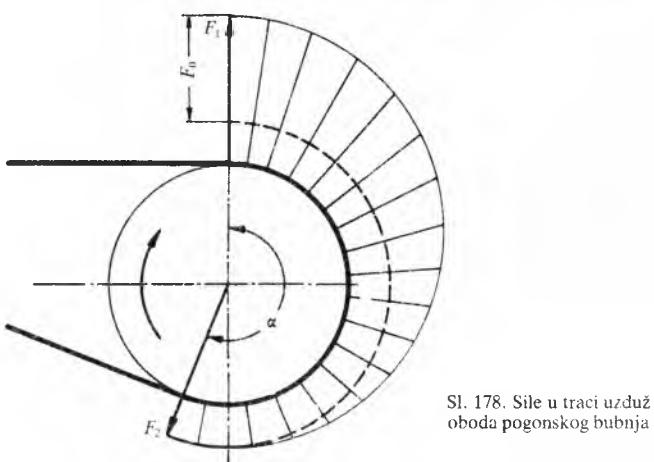
obuhvatni kut (sl. 177). Da bi se povećao koeficijent trenja između trake i bubenja, bubanj se presvlači tarenom oblogom od gume ili keramičkog materijala.



Sl. 176. Vučna sila u traci horizontalnog transportereta. a pogon uz glavu, b pogon na kraju



Sl. 177. Pogon dugačkih trakastih transportereta. a pogon sa dva buba i nateznim uređajem, b i c pogon sa tri buba



Pomoću obodne sile \$F_o\$, koeficijenta trenja \$\mu\$ između trake i pogonskog bubnja, te obuhvatnog kuta \$\alpha\$ sljedeća dva izraza daju omjer maksimalne (\$F_1\$) i minimalne (\$F_2\$) vučne sile u traci (sl. 178) te njihovu razliku

$$\frac{F_1}{F_2} \leq \exp(\mu\alpha), \quad (54)$$

$$F_o = F_1 - F_2. \quad (55)$$

Maksimalna vučna sila u traci \$F_1\$ mjerodavna je za proračun uložaka trake, a određuje se pomoću izraza

$$F_1 = F_o \frac{\exp(\mu\alpha)}{\exp(\mu\alpha) - 1} \quad (56)$$

Pogonska snaga. Za točno određivanje pogonske snage potrebno je transporter podijeliti na ravne dijelove, zavoje, mjesto utovara i istovara itd., pa za svaki dio pomoću posebnih *koeficijenata trenja* izračunati otpor kretanja trake transportereta. Zbroj svih pojedinačnih otpora daje ukupni *otpor trenja*. Taj je način nezgodan jer se računa s mnogo različitih vrijednosti koeficijenta trenja, pa se zato najčešće otpor kretanja izračuna samo pomoću *ukupnog koeficijenta trenja* \$f_u\$, što je jednostavnije i dovoljno točno.

Otporom trenja obuhvaćeni su otpori kretanja gornjeg i donjeg dijela trake (trenje u ležajevima nosivih valjaka, otpor kotrljanja valjaka, trenje zbog nalijeganja materijala na traku itd.). Pomoću ukupnog koeficijenta trenja \$f_u\$ određuje se približno otpor trenja \$F_{wt}\$ iz izraza:

$$F_{wt} = f_u l \left(m_l g + \frac{I_m g}{v} \right), \quad (57)$$

gdje je \$l\$ horizontalna projekcija duljine transporta, \$m_l\$ vlastita masa po jedinici duljine (kg/m) dijelova transportereta koji djeluju na sile trenja, \$g\$ ubrzanje sile teže, \$I_m\$ protok mase (kg/s), a \$v\$ brzina prijenosa. Ukupni je koeficijent trenja

$$f_u = f_g f_s, \quad (58)$$

gdje je \$f_g\$ koeficijent trenja glavnih otpora \$f_g \approx 0,015 \dots 0,03\$, a \$f_s\$ koeficijent trenja sporednih otpora kao što su trenje zbog zakretanja trake, utovara i istovara materijala, čišćenja bubenjeva i trake, a ovisi o duljini transporta i iznosi od 9 za duljinu 3 m do 1,05 za duljinu 2000 m. Za duljine transportiranja veće od 500 m mogu se sporedni otpori zanemariti.

Ako se materijal transportira na visinu \$h\$, postoji i *otpor dizanja*

$$F_{wh} = \frac{I_m g h}{v}, \quad (59)$$

gdje je \$h\$ visinska razlika između mesta utovara i mesta istovara.

Ukupni otpor \$F_w\$ prenosa kontinuirane dobave, koji za mehanička prenosa s vučnim elementom odgovara obodnoj sili \$F_o\$ u vučnom elementu, dobiva se iz otpora trenja i otpora dizanja

$$F_w \hat{=} F_o = f_u l \left(m_l g + \frac{I_m g}{v} \right) \pm \frac{I_m g h}{v}. \quad (60)$$

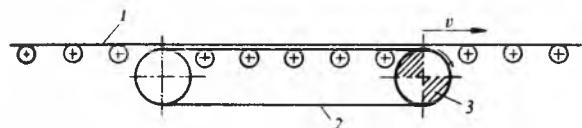
Na desnoj strani izraza (60) predznak (+) dolazi ako se teret diže, a predznak (-) ako se spušta. Trake s velikim nagibom potrebno je osigurati da se ne pokrene unazad kad se zaustavi pogonski motor.

Pogonska snaga za ustaljeni rad pod punim opterećenjem dobiva se iz izraza

$$P_v = \frac{F_w v}{\eta}, \quad (61)$$

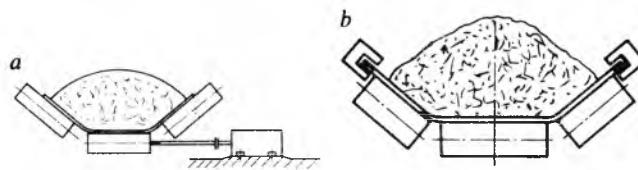
gdje je \$v\$ brzina prijenosa, a \$\eta\$ ukupna korisnost. Obično se može snaga pogonskog motora \$P_n\$ odabrati da bude jednako velika pogonskoj snazi za ustaljeni rad pod punim opterećenjem \$P_v\$, jer za izbor snage motora udio za ubrzavanje najčešće nije mjerodavan, pa se može zanemariti. Pogonske jedinice trakastih transportereta sastavljene od pogonskog bubenja, spojki i kočnica grade se do snage 1500 kW.

Noviji pogonski sustavi. Uobičajeni način prijenosa snage pomoću pogonskog bubnja uz glavu ili na kraju transportereta ograničen je čvrstoćom trake ili njezinih spojeva. Zato se novija postrojenja grade s međupogonima, tako da se pogonska snaga dovodi uzduž transportereta. Jedna je od mogućnosti da se na razmacima od više stotina metara stavlja ispod radne trake transportereta dodatna *pogonska traka*, koja silama trenja pokreće radnu traku (sl. 179). Druga je mogućnost međupogon pomoću *gonjenoga srednjeg valjka*, tako da se potrebna pogonska snaga predaje traci uzduž čitave duljine transporta (sl. 180a). Međupogon s *linearnim elektromotorom* (sl. 180b) (v. *Električni strojevi*, TE 4, str. 224) ima primarni namot linearног indukcijskog motora raspoređen

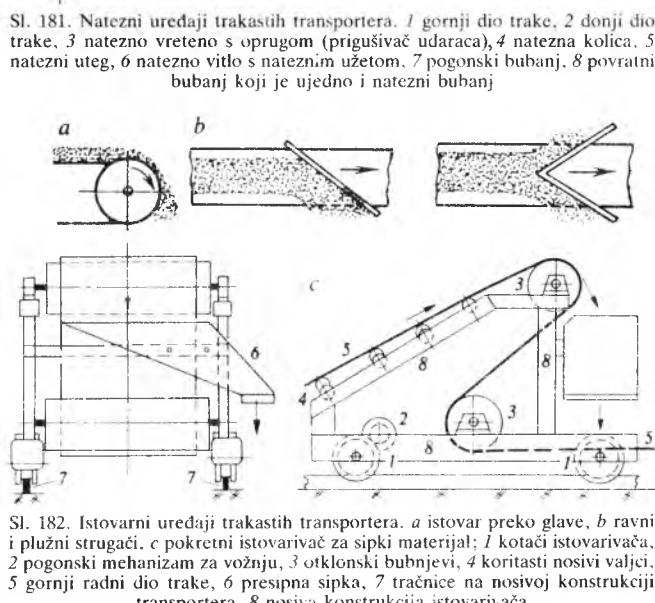
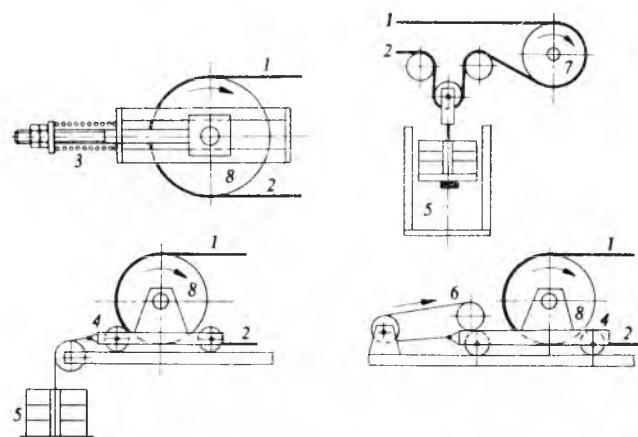


Sl. 179. Međupogon pomoću pogonske trake. 1 radni dio trake transportereta, 2 pogonska traka, 3 pogonski bubanj

uzduž trake transporterja. Sekundarni dio čini bakreno pletivo vulkanizirano u rubove trake transporterja, pa se pogonska sila jednolikom predaje na obje strane trake uzduž čitave njezine duljine.



Natezni uređaji (sl. 181) proizvode potrebnu silu prednjezanja za tarne pogone. Transporteri s razmakom osovina do 100 m imaju natezni uređaj s vijčanim vretenima, uz koja su često ugradene i spiralne opruge. Dugački transporteri imaju natezne uređaje s utegom na povratnom bubenju, koji je tada i natezni bubenj, ili s posebnim nateznim bubenjem u donjem, jalovom dijelu trake. Zračni i hidraulički cilindri također se primjenjuju za natezne uređaje.

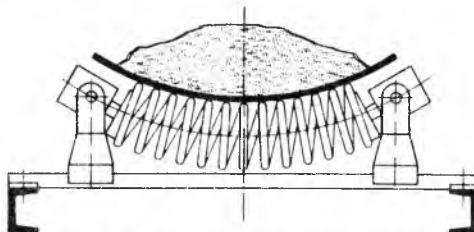


Istovar materijala s trake transporterja najlakši je preko glave na pogonskom bubenju (sl. 182a). Za istovar sipkog materijala ili komadne robe na bilo kojemu mjestu trake transporterja služe *ravni i plužni strugači* (sl. 182b). *Pokretni istovariči* (sl. 182c) mogu se kretati uzduž čitavog transporterja. Tada gornja traka transporterja prelazi preko visoko uzdignutog otklonskog bubenja, pa materijal istovaruju preko glave na bilo kojemu mjestu transporterja.

Za čišćenje trake od ostataka materijala nakon istovara upotrebljavaju se *strugači*, pritisnuti utegom ili oprugom na povratni dio trake, zatim rotacijske četke ili trake za struganje. Čiste se i bubenjevi.

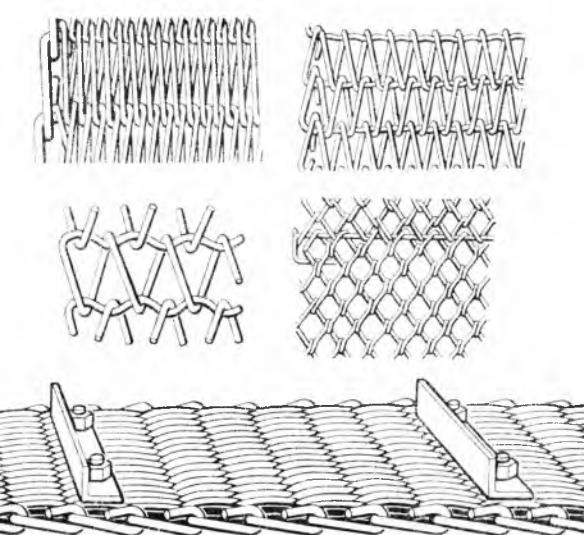
Posebne izvedbe trakastih transporterja jesu transporteri s čeličnom trakom, sa žičanom trakom i bacaci.

Transporteri s čeličnom trakom imaju beskonačnu valjanu čeličnu traku kao nosivi i vlačni dio. Prema konstrukciji i djelovanju slični su transporterima s gumenim trakama. Čelične trake izrađuju se od ugljičnog čelika ili nerđajućeg čelika debljine 0,4…1,6 mm. Spajaju se zakovicama ili zavarivanjem do duljina prijenosa od 300 m (razmak osovina) i širine do 4 m. Traka je oslonjena na drvenu kliznu ploču ili ravne nosive valjke. S opružnim nosivim valjcima može se postići blagi koritasti oblik trake (sl. 183). Da bi se smanjila naprezanja na savijanje, promjeri bubenjeva su relativno veliki: 1000 puta debljina trake. Čelične trake dopuštaju brzine do 1,6 m/s. Vrlo su osjetljive na udarce, a upotrebljavaju se na višim temperaturama, za veoma abrazivne ili ljepljive materijale iako postoje posebni kemijski ili higijenski zahtjevi, npr. u prehrambenoj industriji. Da bi se udružila dobra svojstva čelika i gume, proizvode se čelične trake s gumenim vulkaniziranim slojem s obje strane. Takve su trake pogodne za velike duljine prijenosa (nekoliko kilometara), velike visine dizanja i teške pogonske uvjete.



Sl. 183. Čelična traka na opružnom nosivom valjkusu

Transporteri sa žičanom trakom imaju trake ispletene od čelične ili metalne žice okruglog ili plosnatog presjeka (sl. 184). Trake se mogu tako izraditi da omogućuju horizontalne zavoje transporterja. Transporteri sa žičanom trakom upotrebljavaju se za prijenos vrućih i usijanih komadnih materijala i krupnijega sipkog materijala. Zbog površinske propusnosti žičane trake služe, između ostalog, i za odvodnjavanje, sušenje i hlađenje transportiranog materijala.



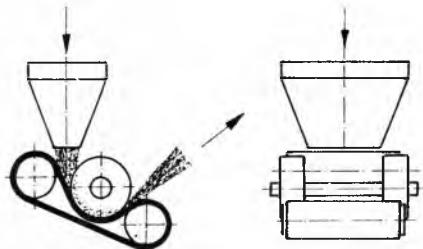
Sl. 184. Žičane trake transporterja

Bacači su kratki trakasti transporteri s velikom brzinom trake (10…25 m/s). Materijal se neprestano dovodi na traku i zatim izbacuje na veće duljine. Bacač se sastoji od usipnog lijevka, pogonskog bubenja (lijevi bubenj na sl. 185), nateznog

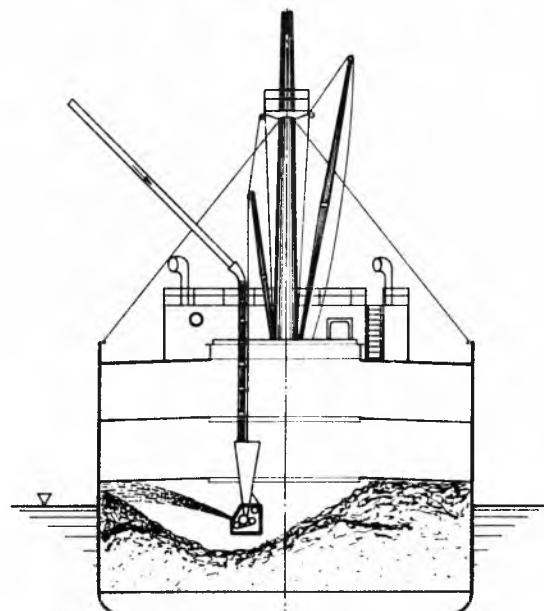
PRENOSILA I DIZALA

bubnja, te dvaju kola koja se okreću na zajedničkoj osovinici i pritiskom na rubove gumene trake daju traci konkavan oblik. Iz usipnog lijevka materijal slobodnim padom dolazi tangencijalno na traku, skreće u smjeru dobave i ubrzava se na brzinu bacanja. Zbog centrifugalne sile povećava se otpor trenja između materijala i trake.

Daljina bacanja seže do 22 m, visina bacanja do 10 m, širina trake do 1000 mm, protok mase do 1000 t/h, a pogonska snaga do 15 kW.



Sl. 185. Bacač



Sl. 186. Bacač obješen na utovarni stup za utovar broda. Bacaču se materijal dovodi kroz vertikalnu teleskopsku padalicu, a uz ručno zakretanje bacača i promjenju kuta vrši se bacanje

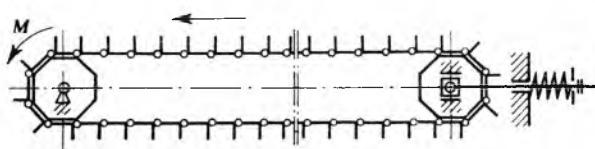
Bacači se upotrebljavaju za zrnati materijal koji ne stvara prašinu i za grudast materijal od 40–80 mm. Upotrebljavaju se na otvorenim skladištima, za punjenje skladišnih prostorija, silosa, brodova (sl. 186), natkrivih vagona i sl.

Lančani transporteri služe za horizontalni, vertikalni i kosi transport sipkog materijala i komadne robe. Imaju jedan ili više beskonačnih lanaca kao vučne dijelove, odnosno kao vučne i nosive dijelove. Lanći se vrijeme rada kližu po nosivoj površini ili se kotrljaju na kotačićima ili valjčićima ugradenima u lanac.

Postoji veoma mnogo različitih lančanih transporterata, a najvažnije su sljedeće vrste: žljebasti lančani transporterati, transporteri sa strugalima, povlačni transporterati, člankasti i kružni viseći transporterati.

Lančani transporterati imaju sljedeće prednosti: mogu preuzimati velike vučne sile, lančanici su malih promjera, oštećeni dijelovi lanaca mogu se jednostavno izmjeniti, neosjetljivi su prema veoma abrazivnim materijalima. Njihovi su nedostaci: male brzine (0,5–1,5 m/s), bučan hod, velika vlastita masa i veliko habanje mnogih dijelova transporterata.

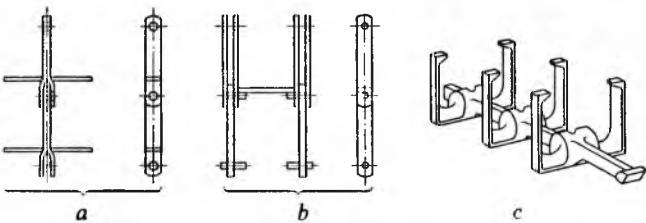
Šema jednostavnoga lančanog transporterata prikazana je na sl. 187. Elektromotor, preko reduktora i pogonskog lančanika, pokreće beskonačni lanac. Potrebna se sila prednje tezanja dobiva pomoću nateznog uređaja na povratnom



Sl. 187. Shema lančanog transporterata

lančaniku. Na lancu su, već prema vrsti transporterata, pričvršćeni različiti zahvatači, vdrice, ploče i sl.

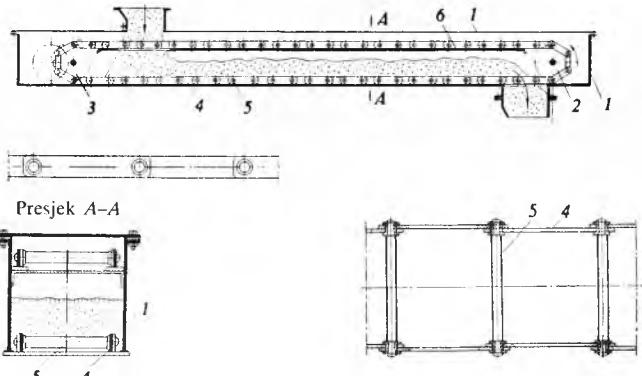
Žljebasti lančani transporterati prenose kroz otvorene ili zatvorene žljebove sipki materijal pomoću lanca s niskim poprečnim pritkama ili krilima (sl. 188), a lanac je smješten unutar sloja sirkog materijala i kreće se zajedno s materijalom. Unutrašnje trenje materijala u sloju veće je od trenja materijala na stijenkama žljeba, pa zahvatači lanca pokreću materijal u žljebu naprijed kao kompaktnu masu u kontinuiranom sloju, a ne u pojedinim hrpmama kao u transporteru sa strugalima. Pri kretanju materijala visina sipine u žljebu nekoliko je puta veća od visine zahvatača, odnosno lanca.



Sl. 188. Oblici lanaca žljebastih lančanih transporterata. a jednoredni lanac s niskim poprečnim pritkama, b dvoredni lanac s niskim poprečnim pritkama, c lanac s poprečnim krilima

Žljebasti otvoreni lančani transporteri ima žljeb od čeličnog lima, betona ili, za veoma abrazivne materijale, od lijevanog željeza. Brzina lanca iznosi 0,05–0,4 m/s, što ovisi o abrazivnosti materijala, a volumenski je protok 7–30 m³/h. Žljebasti otvoreni lančani transporterati služe za prijenos troske, pepela, piljevine i sl.

Žljebasti zatvoreni lančani transporteri nazivaju se i *redleri* prema engleskoj tvornici Redler Conveyors Ltd. (sl. 189). Različitim oblikovanjem zahvatača lanca i žljeba omogućen je horizontalni, kosi ili vertikalni transport materijala.

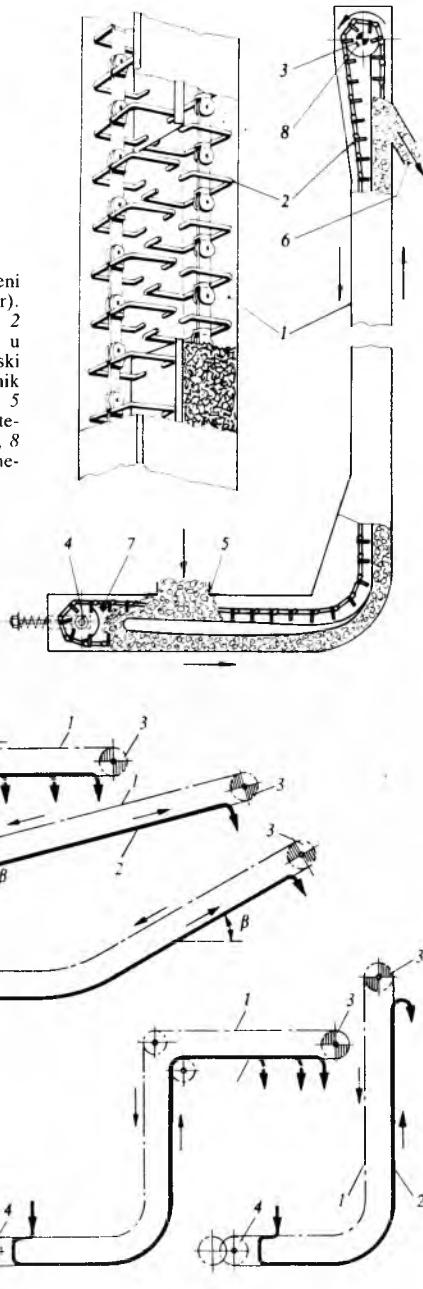


Sl. 189. Žljebasti zatvoreni lančani transporter. 1 žljeb, 2 pogonski lančanik, 3 natezni lančanik, 4 lanac s niskim poprečnim pritkama, 5, 6 razdjelna stijena po kojoj kliže lanac

Za horizontalni transport dovoljni su jednostavni zglobovi lanci s niskim poprečnim pritkama (plosnatim zahvatačima, sl. 189), ili lanci s poprečnim krilima u obliku slova L. Za kosi i vertikalni transport upotrebljavaju se lanci s poprečnim krilima u obliku slova U (sl. 190) i u obliku slova H. Na sl. 190 prikazan je i žljebasti zatvoreni lančani transporter za horizontalni i vertikalni prijenos.

Redleri su prikladni za sve prašinaste, zrnate i sitnogrudsate materijale kojima je vлага manja od 35% i koji nisu ljepljivi (npr. brašno, šećer, cement, žitarice, kemikalije, sitan ugljen itd.). Temperatura materijala može iznositi i do

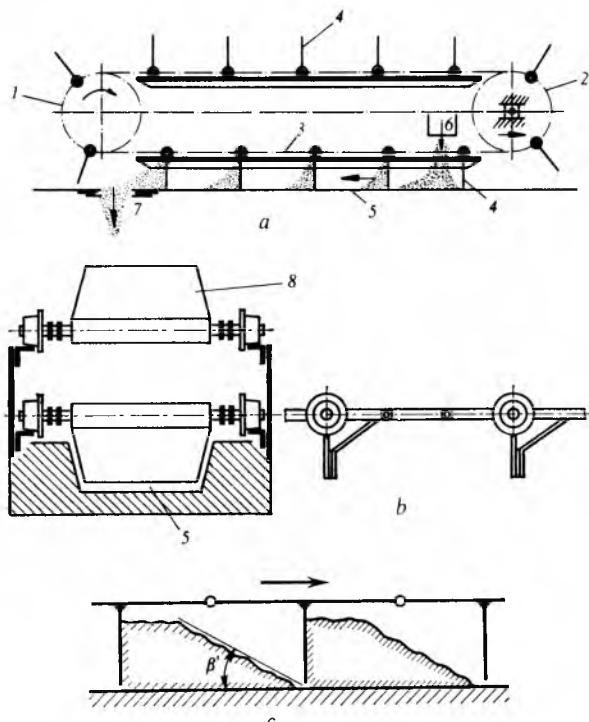
300 °C. Prednosti su tih transporteru u tome što imaju zatvorene žlebove koji ne propuštaju prašinu, što zauzimaju malo prostora, što se na bilo kojem mjestu transporteru može materijal utovarivati i istovarivati, što je materijal mirniji nego u pužnim transporterima i što se nagib uzduž puta prijenosa može mijenjati (sl. 191). Nedostaci su veliko trošenje lanaca i žlebova, velika pogonska snaga zbog velikog trenja i male brzine i duljine prijenosa.



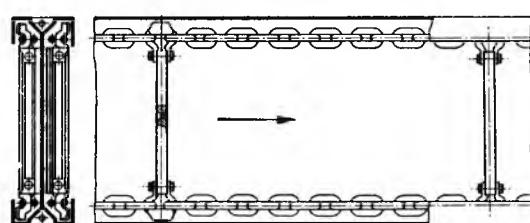
Sl. 190. Žlebasti zatvoreni lančani transporter (redler).
1 zatvoren limeni žleb, 2 lanac s poprečnim krilima u obliku slova U, 3 pogonski lančanik, 4 povrtni lančanik s nateznim uredajem, 5 usipni lijevak, 6 istovar materijala, 7 četke za čišćenje, 8 elektromotorni pogonski mehanizam

gdje je A površina presjeka materijala koji se prenosi, v brzina kretanja materijala, φ nasipna gustoća materijala, c brzinski koeficijent kojim se uzima u obzir zaostajanje materijala s obzirom na lanac. Za horizontalni prijenos i za prijenos s blagim usponom $c = 0,9 \dots 0,6$, a za vertikalni prijenos i prijenos s velikim usponom $c = 0,5 \dots 0,7$. Manje se vrijednosti odnose na veće strmine i prašinasti materijal. Smanjenje korisnog presjeka A zbog lanca često se zanemaruje ili se uzima u obzir s faktorom $c_1 \approx 0,95$.

Transporteri sa strugalima (sl. 192) imaju sa strane ili iznad sloja materijala lance s tuljkom oslonjene na kotačićima. Zahvatači su strugala u obliku ploča prilagođenih presjeku žlijeba (sl. 192b). Pomoću strugala materijal se u hrpmama gura (sl. 192c). Upotrebljavaju se za zrnat i grudast materijal (ne veći od 200 mm) kao što su ugljen, cijepano drvo, pepeo, čelična strugotina, ljevarski pijesak, vapnenac, sol i sl. Nisu prikladni za veoma abrazivni i ljepljivi materijal. Transporteri sa strugalima u obliku niskih ploča (30…80 mm), vučenih kolutnim lancima koji kližu po podlozi (sl. 193), često se upotrebljavaju u rudarstvu za prijenos ugljena i rudača, jer se mogu izgraditi s veoma malenom visinom, svega 150…250 mm.



Sl. 192. Transporter sa strugalima. a shema transporter-a, b presjek transporter-a, c transport materijala u hrpmama pred strugalima; 1 pogonski lančanik, 2 povrtni lančanik, 3 lanac, 4 zahvatač (strugalo), 5 žleb, 6 ulazni otvor, 7 izlazni otvor, 8 jalovi, povrtni dio lanca



Sl. 193. Rudnički transporter s niskim strugalima

Sl. 191. Različiti putovi prijenosa žlebastim zatvorenim lančanim transporterima s lancima s poprečnim krilima. 1 jalovi dio lanca, 2 radni dio lanca, 3 pogonski lančanik, 4 povrtni, odnosno natezni lančanik

Žlebasti zatvoreni lančani transporteri imaju protok mase do 800 t/h, duljinu dobave do 80 m, a visinu dobave do 30 m. Da trošenje habanjem ne bi bilo preveliko, brzine dobave moraju biti male, 0,1…0,4 m/s. Širine su žlebova do 1200 mm za niske plosnate zahvatače, a do 500 mm za zahvatače u obliku slova U.

Protok mase žlebastih zatvorenih lančanih transporteru iznosi

$$I_m = A v c c_1 \varphi , \quad (62)$$

Dobava transporteru sa strugalima iznosi do 300 t/h. Duljina prijenosa sa strugalima normalne visine (do 400 mm) iznosi do 60 m, a s niskim strugalima do 300 m. Brzina je prijenosa 0,2…0,8 m/s, a kut uspona do ~40°.

Protok mase transporteru sa strugalima izračunava se pomoću izraza

$$I_m = A_1 \varphi v k \varphi , \quad (63)$$

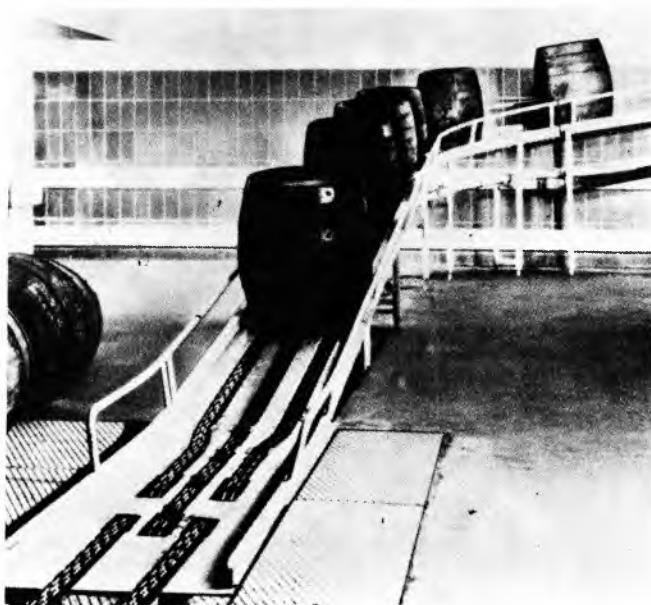
gdje je A_1 površina presjeka žlijeba transporterja, φ stupanj punjenja žlijeba (vidi sl. 192c), v brzina lanca, k faktor smanjenja zbog uspinjanja transporterja, a ρ nasipna gustoća materijala.

Stupanj punjenja žlijeba φ za transporter sa strugalima normalne visine iznosi $0,5\cdots0,8$, a sa niskim strugalima $\varphi = 0,8\cdots0,9$ za sitniji ugljen i $1\cdots1,2$ za krupniji ugljen, odnosno rudaču. Za kut nagiba transporterja od $0\cdots40^\circ$ faktor smanjivanja $k = 1\cdots0,5$.

Prednosti su transporterja sa strugalima u tome što su jeftini, što mogu mijenjati smjer transportiranja, što zahtijevaju malo prostora i što imaju jednostavan utovar i istovar materijala. Njihovi su nedostaci u tome što oštećuju materijal trenjem i gnječenjem, što se strugala, lanci i žlijebovi veoma troše habanjem, što imaju malu dojavu, a veliki potrošak energije zbog klizanja materijala koji se prenosi.

Povlačni transporteri povlače materijal lancima. Materijal, pretežno komadni, kliže se po žlijebu ili podnoj podlozi, ili ga nose lanci ugrađeni u podlogu. Materijal se može postaviti i na kolica koja vuku lanci. Povlačni transporteri mogu biti žlebasti, podni i viseći.

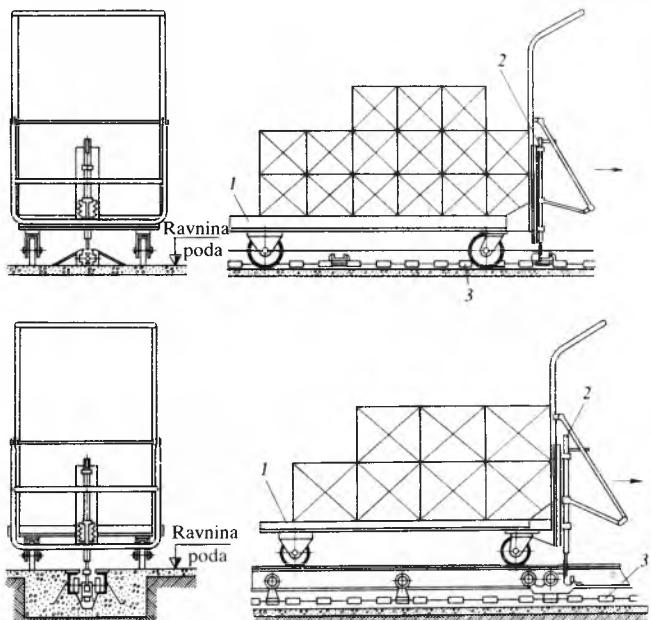
Žlebasti povlačni transporteri (sl. 194) transportiraju materijal po vodoravnom ili nagnutom žlijebu ili po ravnom podu. Obično $1\cdots4$ lanza kližu po čeličnoj plohi ili kanalima tako da oni vire malo iznad površine dna žlijeba ili poda da bi materijal mogao na njih naleći. Normalna je brzina lanza $0,05\cdots0,2$ m/s, a za pojedinačni komadni transport maksimalna brzina iznosi $0,5$ m/s. Potrebna snaga za tu vrstu transporterja relativno je velika, ali nabavna cijena i troškovi održavanja su maleni.



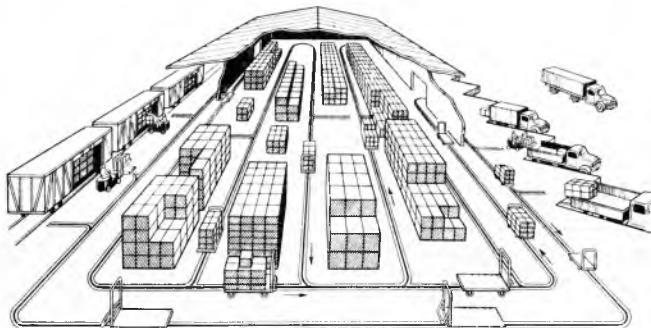
Sl. 194. Žlebasti povlačni transporter

Podni povlačni transporteri povlače kolica za prijevoz robe lancima smještenima iznad ili ispod poda (sl. 195). Takvi se transporteri najviše primjenjuju za montažne radove u industrijskoj proizvodnji (automobilska industrija) i u velikim skladištima s koljanjem vagoneta vučenih lancima (sl. 196). Podni povlačni transporteri grade se kao povratni ili kao kružni sustavi. Povratni se sustavi primjenjuju za montažne radove, a njihovi transporteri rade samo u ravnoj liniji. Povratni dio lanza leži ispod radnog dijela lanza u koji zahvaća zahvatni svornjak kolica. Kružni sustavi najčešće se upotrebljavaju u skladištima. Osobite su prednosti tih transporterja u tome što zahtijevaju malo prostora, što se jednostavno i jeftino mogu izraditi i lako prilagoditi transportnim potrebama.

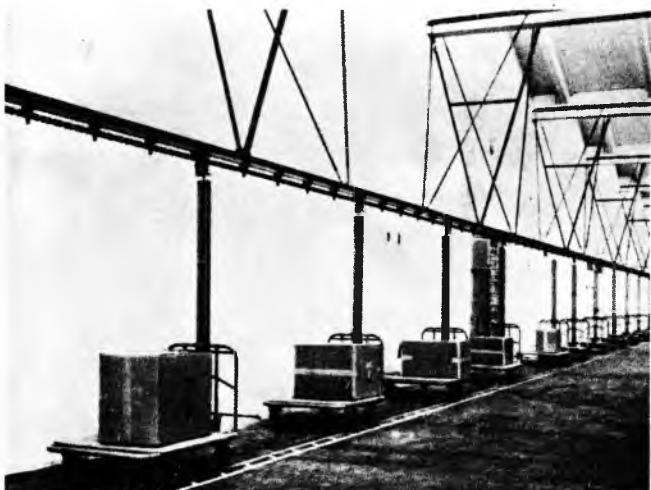
Viseći povlačni transporteri prenose teret na kolicima (sl. 197) koja povlači vučni lanac smješten iznad poda na visini $2,5\cdots2,7$ m. Brzina kretanja iznosi $0,015\cdots0,035$ m/s, a duljine



Sl. 195. Podni povlačni transporteri. 1 kolica, 2 zahvatni svornjak, 3 vučni lanac



Sl. 196. Podni povlačni transporter u željezničkom skladištu

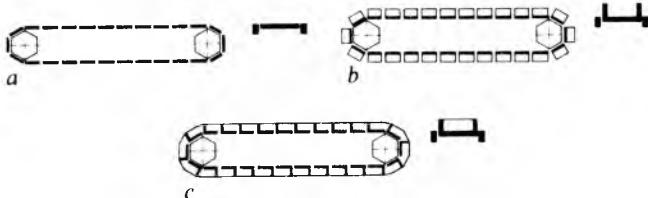


Sl. 197. Viseći povlačni transporter

su transporterata $150\cdots1200$ m. Najčešće se upotrebljavaju u skladištima.

Člankasti transporteri prenose sipki materijal ili komadnu robu na člankastim trakama pretežno horizontalno, ali i uz veliki uspon ili spust. Trake su sastavljene od nosivih članaka isprešanih od lima u obliku ploče, žlijeba ili kutije (sl. 198). Članci su međusobno povezani lancem u sredini ili sa dva lanza, po jedan na svakoj strani trake. Traka se kreće na kotačićima pričvršćenima u lancu ili na nosivim dijelovima

trake, a u specijalnim izvedbama kotačići mogu biti pričvršćeni i na nosivoj konstrukciji transporterja. Člankasti transporterji mogu se izraditi sa zavojima u vertikalnoj i horizontalnoj ravni, a u specijalnim slučajevima mogu biti i prostorno zakriviljeni s minimalnim polumjerom zakrivljenosti od 3 m. Transporteri sa zavojima imaju samo jedan kolutni lanac u sredini trake, a, osim nosivih kotačića za vertikalno oslanjanje, imaju najčešće i kotačice za postrano vodenje trake.



Sl. 198. Shema člankastog transporterja. a) pločasti, b) žljebasti, c) kutijasti

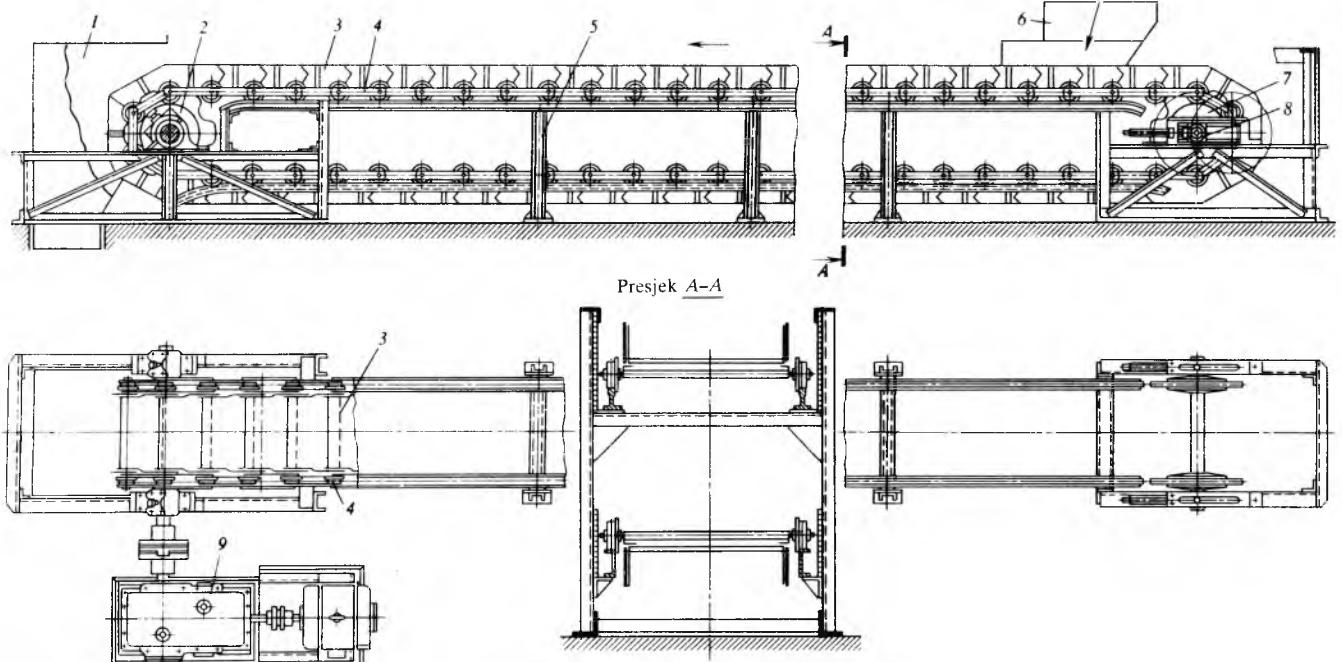
S obzirom na oblik nosivog dijela trake postoje *člankasti transporteri s letvicama*, *pločasti člankasti transporteri*, *žljebasti* (sl. 199) i *kutijasti člankasti transporteri*. Posljednji spomenuti prikladni su za prijenos pod jakim uzdužnim nagibom (do 60°) prema gore ili prema dolje.

Protok mase člankastih transporterja iznosi do 1000 t/h, duljina dobave do 500 m, brzina dobave 0,1…1,3 m/s, a širina pločastih, žljebastih i kutijastih traka 0,4…2 m. Zbog relativno malih brzina dobave transporterji s velikim protocima mase moraju imati trake velike šrine, a zbog toga i veliku vlastitu masu, pa se primjenjuju samo tamo gdje se trakasti transporterji s gumenom ili čeličnom trakom više ne mogu upotrijebiti. Prema tome, člankasti se transporterji primjenjuju za prijenos materijala koji ima krupne grude ili oštре bridove, koji je agresivan ili vruć, te ako mijenja smjer ili ima velike uspone i padove. Traka je između nosivih članaka propusna, pa zato člankasti transporterji nisu prikladni za sitan sipki materijal.

Volumenski protok materijala I_v žljebastog člankastog transporterja pri kontinuiranom prijenosu sipkog materijala određuje se iz izraza

$$I_v = A v, \quad (64)$$

gdje je A površina presjeka materijala, određena prema ozнакama na sl. 200 pomoću izraza



Sl. 199. Žljebasti člankasti transporter. 1 istovar materijala (preko glave), 2 pogonski lančanik, 3 članak transportne trake (preklopna čelična ploča s bočnim stranicama), 4 vući lanac s kotačićem, 5 nosiva konstrukcija transporterja, 6 usipni lijevak utovarnog uredaja, 7 natezni lančanik, 8 natezni uredaj, 9 pogonski mehanizam

$$A = Bh + \frac{B^2}{4} \tan \beta_l, \quad (65)$$

a v brzina kretanja materijala. U izrazu (65) B je širina žljeba, H visina stijenki žljeba, a $h \approx (0,6 \dots 0,8)H$ visina materijala u žljebu. Nasipni kut β_l na traci u pokretu iznosi ~1/3 od nasipnog kuta na mirnoj podlozi.

Volumenski protok materijala I_v kutijastog člankastog transporterja koji prenosi sipki materijal (dakle transport u kutijama) određuje se pomoću izraza

$$I_v = \frac{V}{t_k}, \quad (66)$$

gdje je V volumen materijala u pojedinoj kutiji, koji se prema oznakama na sl. 200 određuje iz izraza

$$V = Bh l_k - \frac{1}{2} Bl_k^2 \tan(\delta - \beta_l), \quad (67)$$

gdje je l_k duljina kutije, odnosno razmak poprečnih pregrada u žljebu, t_k medusobni razmak kutija, koji je jednak duljini kutije, a δ kut uspona trake transporterja.

Protok mase dobije se iz izraza

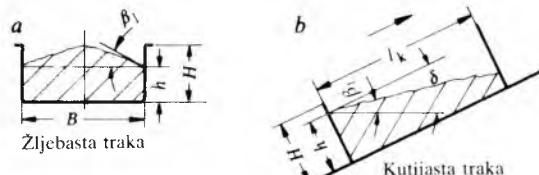
$$I_m = I_v \varrho, \quad (68)$$

gdje je ϱ nasipna gustoća materijala.

Protok mase pločastoga člankastog transporterja kad prenosi komadnu robu određuje se pomoću izraza

$$I_m = \frac{m}{t_k} v, \quad (69)$$

gdje je m masa komada, t_k razmak među komadima, a v brzina kretanja transporterja.



Sl. 200. Presjeci nosive trake člankastih transporterja. a) žljebasti, b) kutijasti transporter

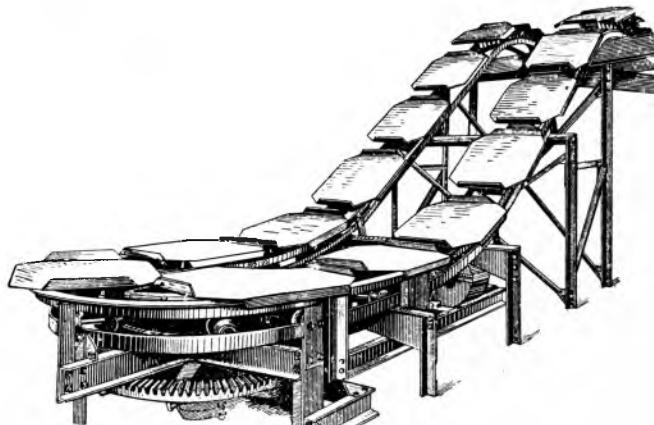
Do protoka komada dolazi se izrazom

$$I_k = \frac{v}{t_k}. \quad (70)$$

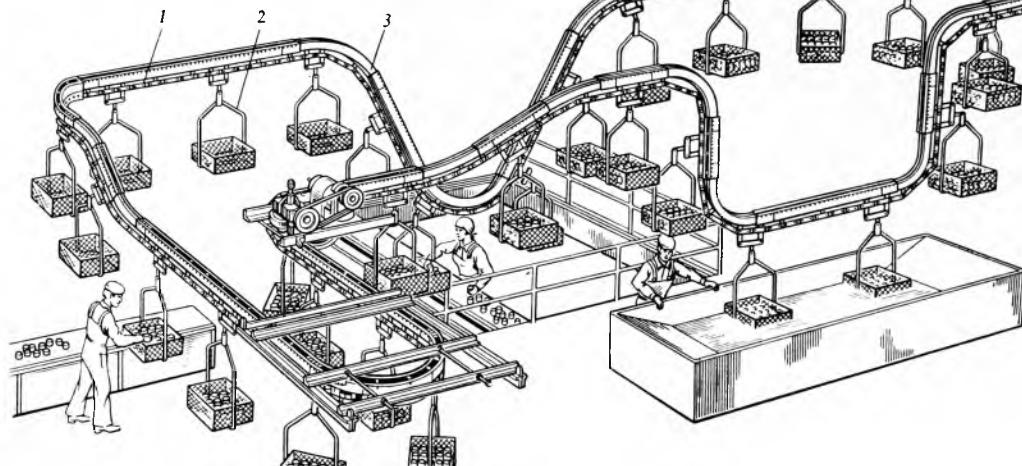
Ako je potrebno, protok se komada može izraziti i u komadima na sat.

Pogon vučnog lanca izvodi se pomoću lančanika, odnosno lančanih zvijezda smještenih uz glavu transporterera. Postrojenja duljine veće od 200 m imaju i pogon na kraju transporterera, a najveća postrojenja i međupogon pomoću pogonske trake.

Kružni stolovi specijalna je vrsta člankastih transporterera (sl. 201). Postoje kružni stolovi s vertikalnim kruženjem i



Sl. 201. Kružni stol s horizontalnim kruženjem

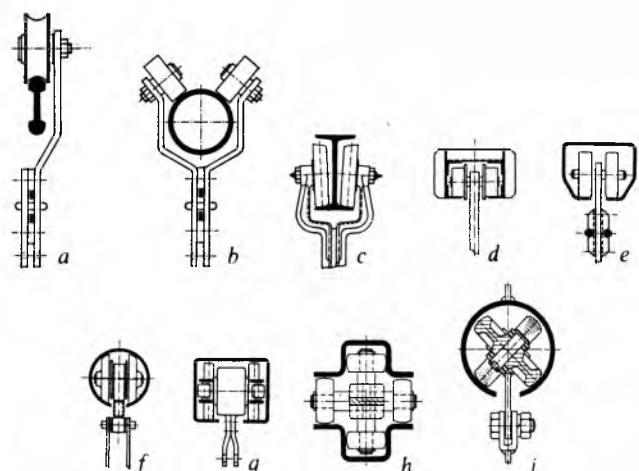


Sl. 202. Kružni viseći transporter. 1 lanac, 2 nosač tereta, 3 tračnica lanca i tereta

kružni stolovi s horizontalnim kruženjem. Kružni stolovi ponajviše služe u industrijskoj proizvodnji kao dodavački ili montažni transporteri.

Kružni viseći transporteri spadaju među najvažnije transporterere komadne robe unutrašnjeg transporta. Beskonačni lanac vuče ovjesna kolica s teretom, i to u bilo kojem smjeru u prostoru te u zavojima u horizontalnoj i vertikalnoj ravnini (sl. 202). Ovjesna se kolica kreću po donjoj prirubnici nosača u obliku slova I ili po tračnici nekog drugog oblika (sl. 203). Tračnice su pričvršćene na krovnoj konstrukciji, na stropu tvorničkih hala ili skladišta, a za veoma teške terete na posebnim stupovima.

Teret se uvijek transportira zavješen. Duljina kružnog visećeg transporta ovisi samo o dopuštenoj vučnoj sili vučnog sredstva (npr. lanca) i o broju raspoloživih pogonskih mehanizama. U industrijskim pogonima obično su dugi 100...500 m, a rijetki su kružni viseći transporteri dulji od 1000 m. Visina im dobave iznosi do 30 m. Najviše kružnih visećih transporterera građeno je za nosivost ovjesnih kolica tereta do 200 kg. Ako se prenosi neki veći komad (npr. automobilска karoserija), upotrebljava se više ovjesnih kolica.

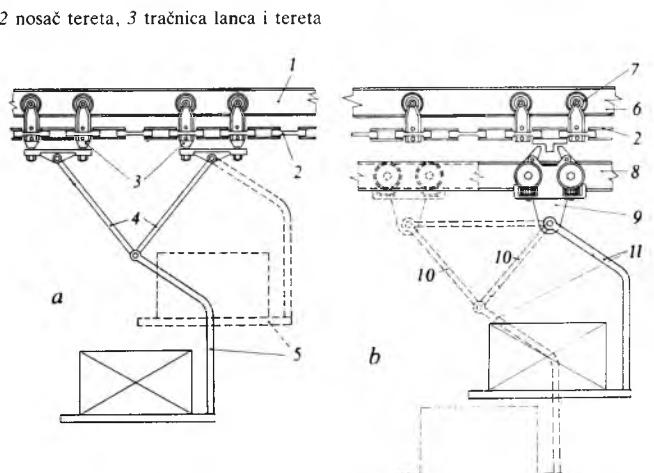
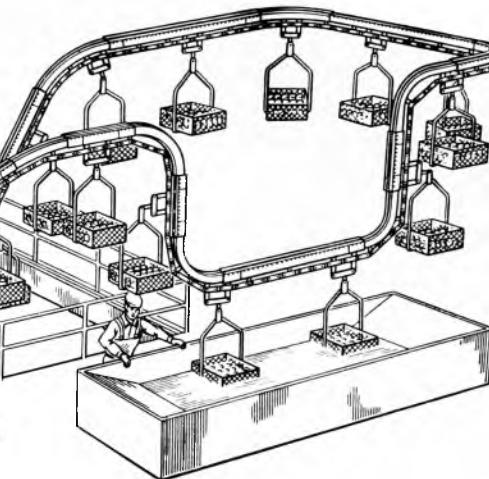


Sl. 203. Tračnice kružnih visećih transporterera. a, b i c tračnice za vanjska ovjesna kolica, d i e tračnice za unutrašnja ovjesna kolica, f, g, h i j tračnice za vodenje vučnog sredstva (lanca) iznutra

Brzina kružnih visećih transporterera iznosi 0,05...0,5 m/s, a protok mase do 200, pa čak i 300 t/h.

U osnovi postoje dvije vrste kružnih visećih transporterera: jednotračni i dvotračni (sl. 204).

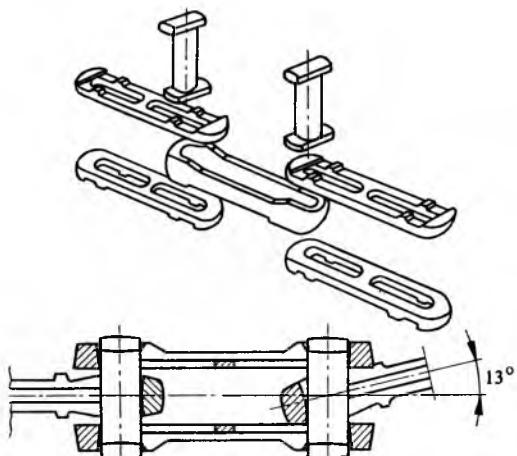
Jednotračni kružni viseći transporteri (sl. 204a) imaju ovjesna kolica čvrsto povezana s vučnim lancem, pa zajedno



Sl. 204. Kružni viseći transporteri. a jednotračni transporter, b dvotračni transporter; 1 tračnica lanca i tereta, 2 vučni lanac, 3 ovjesna kolica lanca i tereta, 4 ovjesne poluge, 5 nosač tereta, 6 tračnica lanca, 7 ovjesna kolica lanca, 8 tračnica tereta, 9 ovjesna kolica tereta, 10 ovjesne poluge, 11 nosač tereta

s nosačem tereta i korisnim teretom nose i vučni lanac. S takvim ovjesnim kolicima može se učiniti samo jedna zatvorena linija transportera.

Vučno sredstvo za jednotračne kružne viseće transportere trebalo bi da bude gibljivije pa bi čelično uže bilo idealno, ali postoje teškoće u njegovu povezivanju. Zato se čelično uže primjenjuje samo za transportere lake izvedbe i kad se zahtijeva miran pogon. Što se tiče gibljivosti, kolutni su lanci slični užetima, pa se zbog toga ugrađuju u jednotračne kružne viseće transportere. Osim lanaca s tuljkom razvijeni su za takve transportere lanci s dobrom prostornom gibljivosti kao npr. rastavljlivi kovani lanci, tj. prostorno gibljivi lanci sa svornjakom (sl. 205).

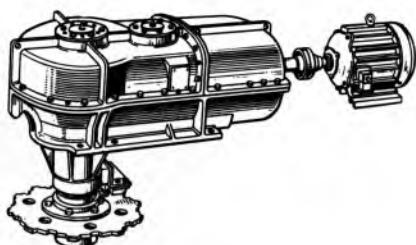


Sl. 205. Prostorno gibljivi lanci sa svornjakom (rastavljlivi kovani lanci)

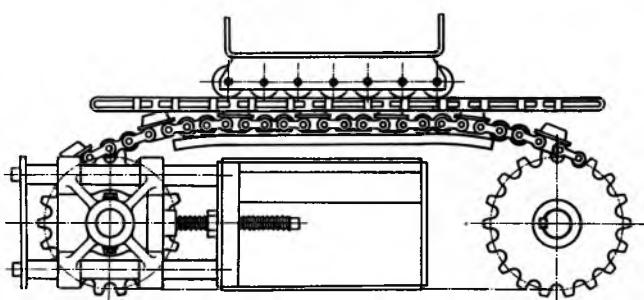
Položaj i broj pogonskih mehanizama (pogonskih stanica) ovisi o liniji vođenja transporterera i o dopuštenoj vučnoj sili lanca. Kraci su transporteri najčešće opremljeni kutnim pogonskim mehanizmima (sl. 206). Na duljim ravnim linijama uvrštavaju se i pogonski mehanizmi s kratkim povlačnim lancem koji kružeci pokreće lanac transporterera (sl. 207). Pogonska snaga za jednotračne kružne viseće transportere nije velika, pa uz brzinu 0,05...0,25 m/s iznosi 0,7...1,1 kW za svakih 100 m duljine transporta.

Utovar materijala na jednotračni kružni viseći transporter obavlja se ručno ili automatski (sl. 208).

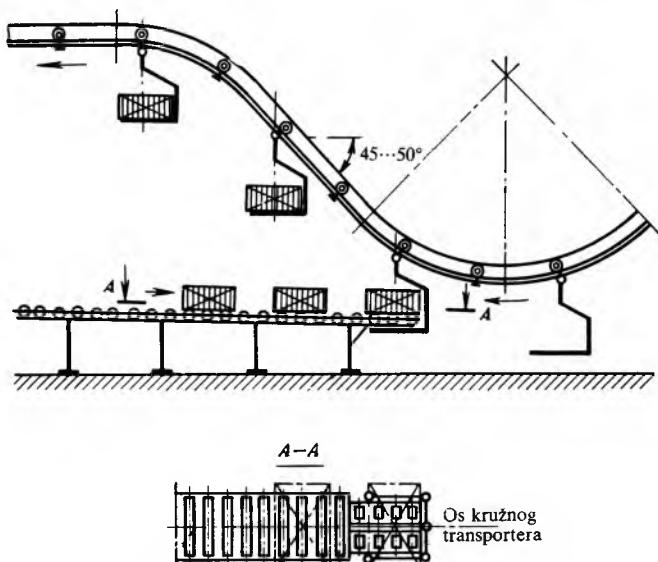
Istovar je redovno automatski. Postoji više mogućnosti istovara, npr.: da nosač tereta udari u graničnik koji zakrene



Sl. 206. Kutni pogonski mehanizam kružnoga visećeg transporterera



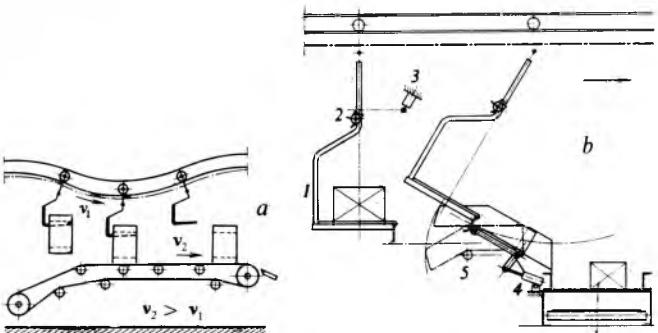
Sl. 207. Shema pogorskog mehanizma pomoću povlačnog lancu



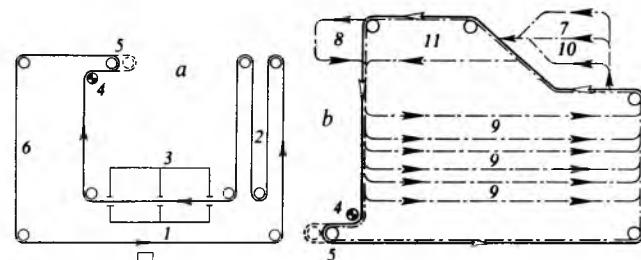
Sl. 208. Automatski utovar na kružni viseći transporter

nosač tereta, pa teret padne na kliznicu kojom se dalje transportira; da teret udari u graničnik koji ga svuće s nosača tereta; da teret nasjedne na trakasti transporter i oslobodi se nosača tereta (sl. 209 a). Za veća postrojenja s više istovarnih mjestata može se već pri utovaru odrediti cilj robe, pa se roba pomoću automatskoga upravljačkog uređaja kreće prema tom cilju. Na sl. 209 b vidi se kako kliznica aktivirana upravljačkim sustavom zaustavlja nosač tereta, naginje ga i time omogućuje da teret sklizne na trakasti transporter. Tipična linija jednotračnog kružnog visećeg transporterera prikazana je na sl. 210 a.

Jednotračni kružni viseći transportereri općenito se upotrebljavaju za dovoz i odvoz dijelova u industrijskoj tekućoj proizvodnji, ali u njoj mogu služiti i kao pokretna međusklađista. U velikim skladištima često služe za raspodjelu i sakupljanje skladišnog materijala. Imaju i funkciju prolaznih



Sl. 209. Automatski istovar kružnoga visećeg transporterera: a odlaganjem na trakasti transporter, b klizanjem tereta na trakasti transporter; 1 nosač tereta, 2 naprava za postavljanje cilja, 3 granična sklopka za pokretanje kliznice, 4 zračni cilindar za podizanje kliznice, 5 kliznica, 6 trakasti transporter



Sl. 210. Tipične linije kružnoga visećeg transporterera. a jednotračni kružni viseći transporter u ljevaoničkoj čistionici, b dvotračni kružni viseći transporter u ljevaonici (kruženje ljevačkih lonaca); 1 utovar, 2 pruga za hlađenje, 3 kabine za čišćenje, pjeskarenje, 4 pogonski mehanizam, 5 natezni uredaj, 6 istovar, 7 pruga predgrijavanja, 8 mjesto punjenja, 9 pruge za lijevanje, 10 pruge za popravak, 11 pruga za odlaganje. Puna linija označuje prugu s pogonom, a linija točka-crtka prugu bez pogona

PRENOSILA I DIZALA

transportera, pronoseći materijal kroz kabine za bojenje, tunelske peći, prostore za sušenje ili hlađenje i sl.

Protok mase za jednotračne pružne viseće transportere dobiva se iz izraza

$$I_m = \frac{m}{t_k} v, \quad (71)$$

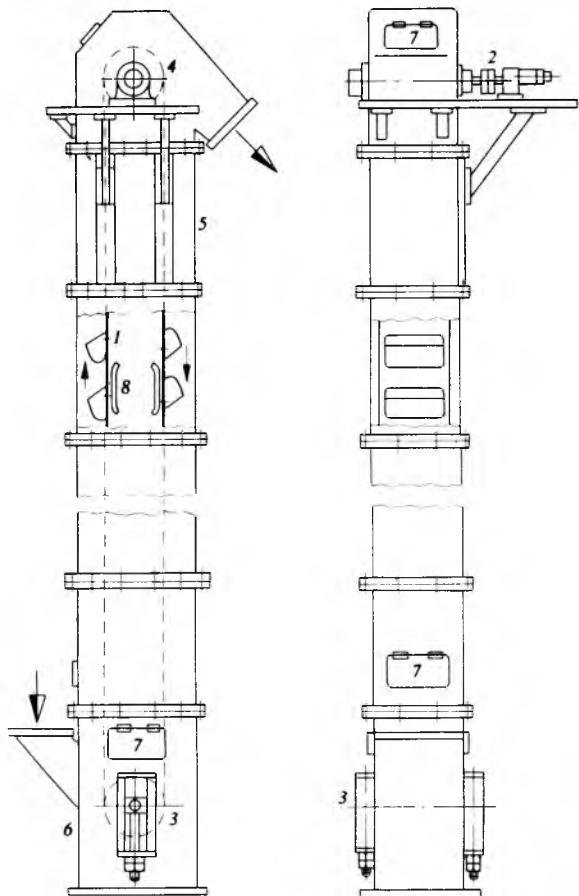
gdje je m masa komadne robe na nosaču tereta, t_k razmak između nosača tereta, odnosno komada robe, a v brzina kretanja. Do protoka komada dolazi se izrazom

$$I_k = \frac{v}{t_k}. \quad (72)$$

Dvotračni kružni viseći transporteri (sl. 204b) imaju na jednoj tračnici ovjesna kolica za vučni lanac, a na drugoj ovjesna kolica za teret. Vučni se lanac neprestano kreće uokrug, a ovjesna se kolica tereta pomoću preklopnih hvatača spajaju s vučnim lancem ili se od njega odvajaju. Tako se ovjesna kolica tereta mogu preko skretnice odvesti na tračnice bez pogonskog uređaja, ili na tračnice s padom ako se želi da se teret po njima i dalje sam kreće. Dvotračni kružni viseći transporteri razvijeni su za komplikiranije transportne zadatke (sl. 210b), jer dvotračni sustav omogućuje mnogo varijanata u vodenju tračnica i u upotrebi transporterja.

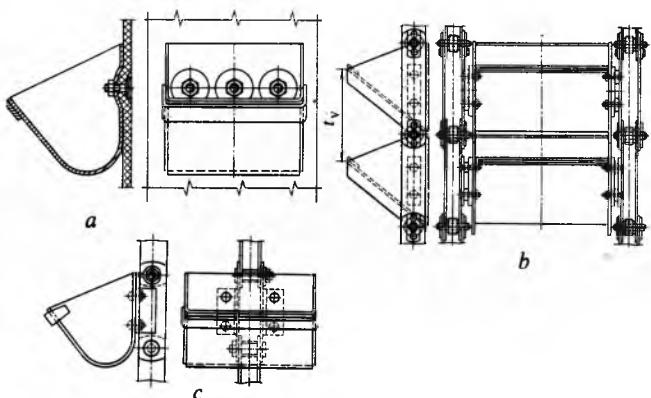
Elevatori se mogu razvrstati u elevatore za sipki materijal i elevatore za komadnu robu, a služe za okomit transport i za transport pod jakim nagibom.

Elevatori za sipki materijal imaju vedrice kruto pričvršćene na vučno sredstvo. Materijal se utovaruje u vedrice na donjem dijelu elevatora, a istovaraju na njegovu gornjem dijelu (sl. 211). Kao vučno sredstvo upotrebljavaju se gumene i žičane trake ili kolutni lanci s tuljkom. Trakasti elevatori omogućuju veće brzine dobave i time, uz iste dimenzije



Sl. 211. Elevator za sipki materijal. 1 traka s vedricama, 2 pogonski mehanizam, 3 natezni uredaj, 4 odvodna sipka, 5 kućište elevatora, 6 podnožje elevatora s usipnim ljevkom, 7 poklopac otvora za reviziju, 8 vodilica trake

elevatora, veće volumenske protoke materijala. Vedrice su različita oblika, ali uglavnom postoje tri tipa: duboke i plitke vedrice zaobljena oblika, i trokutne šljasta oblika. Duboke se vedrice upotrebljavaju za teške ili lako rasipne materijale kao cement, suhi pjesak, šljunak, suhi ugljen i sl.; plitke vedrice su za lake materijale koji se veoma sliježu ili su vlažni, npr. mokar pjesak, žitarice, brašno i sl., a trokutne su vedrice pogodne za grudast materijal (grude 50–150 mm). Način pričvršćenja vedrice na vučno sredstvo prikazan je na sl. 212. Vedrice su izrađene od čelika, lakog metala, polimernih materijala ili gume.



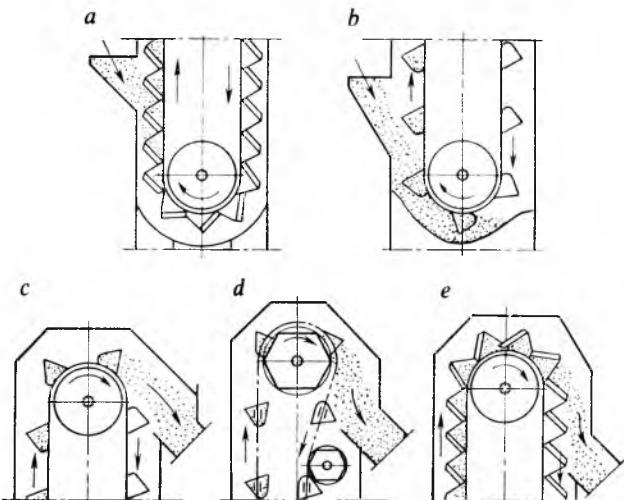
Sl. 212. Pričvršćenje vedrice. a na traku, b na dva lanca, c na jedan lanac

Pogonski mehanizam, koji ima i napravu za sprečavanje povratnog kretanja vedrica, smješten je na gornjem kraju elevatora, a na donjem se dijelu nalazi natezni uredaj.

Vedrice se pune grabljenjem materijala (sl. 213b) ili izravnim usipavanjem (sl. 213a). Grabljenje je materijala prikladno za prašinaste, zrnate i sitnogrudaste materijale. Za sitnogrudast materijal brzina vedrice treba biti manja od 1 m/s, a za prašinaste i zrnate materijale brzina vedrica nema većeg utjecaja. Ako se vedrice pune izravnim usipavanjem, one moraju biti gusto smještene jedna iza druge. Tako se vedrice pune krupnogrudastim i veoma abrazivnim materijalom (rudače, ugljen, drobilići kamen i sl.) jer bi otpor grabljenja bio prevelik. Pri izravnom usipavanju brzine vedrica iznose maksimalno ~1 m/s.

Vedrice se prazne (istovaraju) pomoću centrifugalne sile ili pomoću sile teže (sl. 213), što najčešće ovisi o brzini vedrica. Centrifugalno praznjenje dolazi u obzir najčešće tek pri brzini većoj od 1,5 m/s.

Dobava elevatora za sipki materijal iznosi do 400 (rijetko do 1000) t/h, a visina dobave do 60 m (rijetko do 100 m).



Sl. 213. Utovar i istovar elevatora. a izravno usipanje u vedrice, b punjenje vedrica grabljenjem, c praznjenje centrifugalnom silom, d praznjenje vedrica silom teže (slobodno), e praznjenje silom teže (koljenčasto)

Brzina dobave trakastih elevatora iznosi $1\cdots2(3)$ m/s, a lančanih elevatora $0,3\cdots1$ m/s. Vedrice su široke $160\cdots1000$ mm, a imaju volumen $0,1\cdots140$ dm³.

Brzohodni trakasti elevatori služe za strmi i vertikalni prijenos lako prashinastih i zrnatih materijala (brašna, žitarica, kemikalija i sl.), a sporohodni lančani elevatori mogu prenositi i teže grudaste materijale (koks, ugljen i sl.).

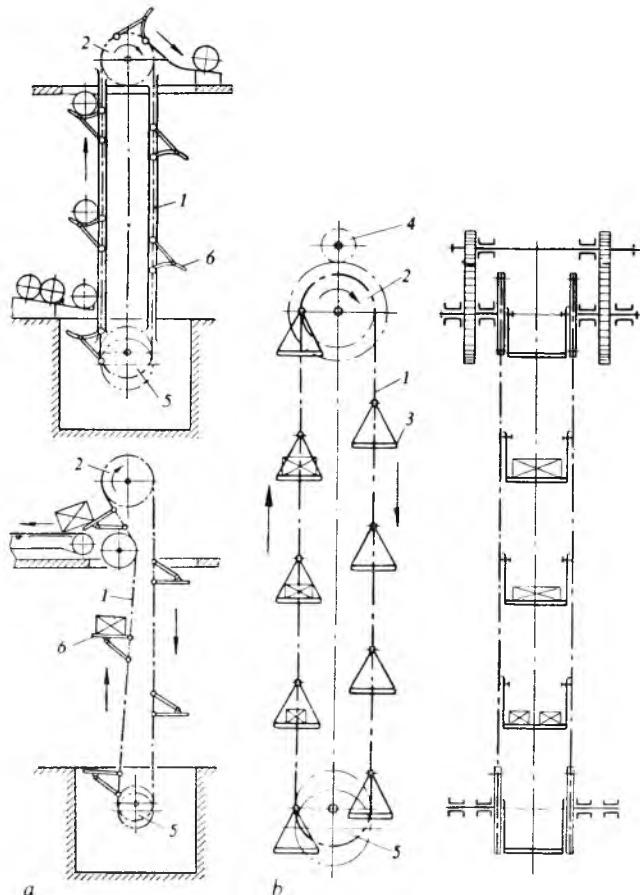
Volumenski protok pri dobavi sirkog materijala u pojedinačnim vedricama određuje se prema izrazu

$$I_v = \frac{V}{t_v} v, \quad (73)$$

gdje je t_v međusobni razmak vedrica, v brzina dobave, a V volumen materijala u jednoj vedrici, koji je jednak umnošku nazivnog volumena vedrice i stupnja punjenja $\varphi = 0,4\cdots0,8$ (male vrijednosti za krupnogrudast materijal i veće brzine dobave). Nazivni je volumen vedrice volumen vode koji sadrži vedrica u radnom položaju.

Elevator je najekonomičniji transporter za vertikalni transport prashinastih, zrnatih i sitnogrudastih materijala. Razlog je u tome što je uz investicije veoma važna potrebna pogonska snaga. Tako npr. za vertikalni transport 100 t/h teških žitarica ($0,75$ t/m³) na visinu od 40 m potrebna snaga pogonskog motora elevatorsa ($v = 4$ m/s) iznosi 17 kW, žljebastoga zatvorenoga lančanog transporterera (redlera, $v = 0,7$ m/s) ~ 46 kW, a pneumatskog transporterera ($v = 25$ m/s) ~ 170 kW.

Elevatori za komadnu robu nose materijal pomoću traka ili lanaca na kojima su pričvršćene konzole različitih oblika (sl. 214a) ili vješalice (sl. 214b). Elevatori s konzolama imaju malu brzinu kretanja, ne veću od $0,2\cdots0,3$ m/s, a služe za prijenos bačava, sanduka, kutija i sl. Elevatori s vješalicama imaju jedan ili više vučnih lanaca. Elevatori s jednim lancem služe za prijenos laganih predmeta u uredima, bolnicama, laboratorijima i sl., kao što su dokumenti, pošta, knjige, bočice itd.

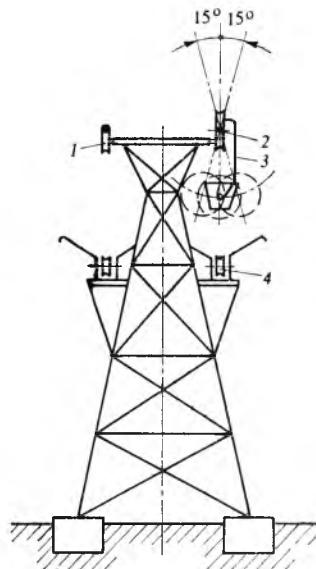


Sl. 214. Elevatori za komadnu robu. a) elevator s konzolama; b) elevator s vješalicama; 1 oslonac nosivog užeta, 2 nosivo užet, 3 viseći vagonet, 4 pogonski mehanizam, 5 natezni lančanik, 6 konzola

Žičare. Usavršavanje čeličnih užeta omogućilo je na prijelazu u naše stoljeće i razvitak žičara. Žičare su se razvile kao prenosa kontinuirane i povremene dobave, za prijenos na udaljenosti od nekoliko stotina metara pa do nekoliko desetaka kilometara. Žičare služe za prijenos materijala i ljudi kad treba premostiti duboke udoline ili svladati veće visinske razlike između donje i gornje stanice žičare. Sve žičare prenose ili vuku teret u vagonima, visećim vagonetima, kabinama, stolicama, vučnim sidrima ili diskovima.

Najvažniju skupinu čine žičare s voznim užetom i s visećim vagonetima ili kabinama koje se kreću po napetom nosivom užetu. Drugu skupinu čine žičare različitih oblika s krutim ili prirodnim voznim stazama. Prema načinu pogona razlikuju se žičare s kružnim pogonom i žičare s povratnim pogonom, s obzirom na vrstu tereta razlikuju se teretne i osobne žičare, a s obzirom na broj užeta s jedne strane pruge razlikuju se žičare s jednim užetom i žičare sa dva užeta.

Teretne žičare s voznim užetom služe uglavnom za prijenos sirkih materijala, a samo se rijetko upotrebljavaju i za komadnu robu. Često povezuju mjesto iskopa sirkog materijala s mjestom njegove preradbe ili mjestom pretovara na neka druga transportna sredstva. Žičare s voznim užetom u prvom se redu primjenjuju tamo gdje zbog konfiguracije i nosivosti zemljišta nema potrebnih uvjeta za upotrebu nekih drugih transportnih sredstava. Stup teretne žičare s voznim užetom prikazan je na sl. 215.



Sl. 215. Stup teretne žičare s voznim užetom. 1 oslonac nosivog užeta, 2 nosivo užet, 3 viseći vagonet, 4 nosivi kotač vučnog užeta

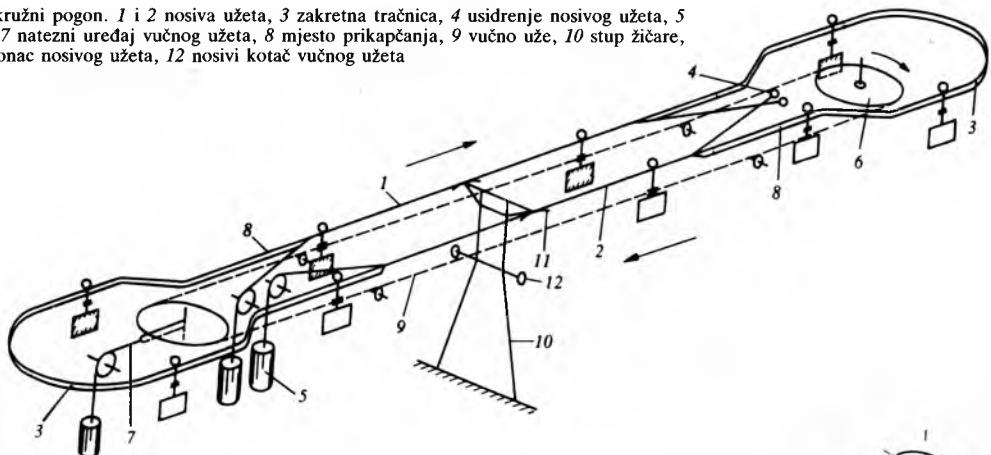
Žičara s jednim užetom ima beskonačno uže koje kruži, a služi kao nosivi i vučni dio za viseće vagonete. Vagoneti su za uže trajno pričvršćeni ili se u stanicama, na krajevima žičare, pričapaju ili otkapčaju od užeta. Žičare s jednim užetom često se postavljaju kao provizorne, npr. prenosive žičare za izvlačenje debala iz šume, a dobava im iznosi do 30 t/h.

Žičare sa dva užeta (sl. 216) imaju na svakoj strani pruge po jedno nosivo uže što služi kao vozna pruga za viseće vagonete koje pokreće beskonačno vučno uže. Nosivo je uže na jednom kraju usidreno, a na drugome opterećeno utegom za natezanje. Takve žičare mogu biti izgrađene za kružni ili povratni pogon. Žičare se s povratnim pogonom grade samo za kratke udaljenosti (do 3 km), jer na svakom kraju vučnog užeta može biti pričvršćen samo jedan vagonet. Teretne žičare s kružnim pogonom imaju dobavu $50\cdots300$ t/h, a pri tom je korisna masa po vagonetu $0,3\cdots2$ t. Ukupna duljina teretne žičare s kružnim pogonom iznosi $0,3\cdots40$ km, brzina je vučnog užeta $1\cdots3$ m/s, a razmak visećih vagoneta $40\cdots100$ m.

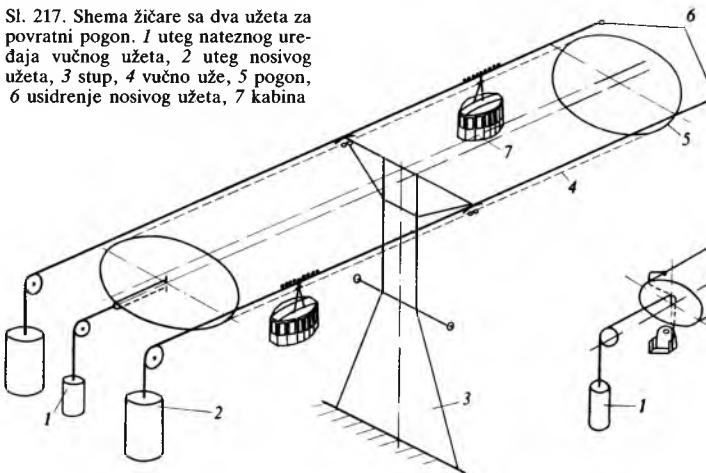
Osobne žičare s voznim užetom mogu se razvrstati prema istim kriterijima kao i teretne žičare. *Žičare sa dva užeta za kružni pogon* (sl. 216) imaju kabine za četiri osobe. Kabine se na ulazu u stanicu, odnosno na izlazu iz stанице automatski

PRENOSILA I DIZALA

Sl. 216. Shema žičare sa dva užeta za kružni pogon. 1 i 2 nosiva užeta, 3 zakretna tračnica, 4 usidrenje nosivog užeta, 5 natezni uredaj nosivog užeta, 6 pogon, 7 natezni uredaj vučnog užeta, 8 mjesto prikapanja, 9 vučno uže, 10 stup žičare, 11 oslonac nosivog užeta, 12 nosivi kotač vučnog užeta



Sl. 217. Shema žičare sa dva užeta za povratni pogon. 1 uteg nateznog uređaja vučnog užeta, 2 uteg nosivog užeta, 3 stup, 4 vučno uže, 5 pogon, 6 usidrenje nosivog užeta, 7 kabina



otkapčaju, odnosno prikapčaju na vučno uže. U staničnim prostorijama kabine se kreću vođene ručno po zakretnoj tračnici. Brzina vučnog užeta iznosi do 3,5 m/s.

Žičare sa dva užeta za povratni pogon (sl. 217) imaju kabine za 20...80 osoba, brzina im je 5...6 m/s (maksimalno 10 m/s), a dobava 400...500 osoba na sat. Ukupna duljina takvih žičara iznosi 1...4 km. Na krajnjim točkama žičare nalaze se stanice. Žičare za povratni pogon ubrajamaju se među prenosa povremene dobave.

Žičara s jednim užetom za kružni pogon (sl. 218) ima stolice čvrsto spojene s beskonačnim vučnim užetom. Da bi se omogućilo sjedanje u sjedalice i silazak s njih za vrijeme vožnje, brzina im nije veća od 1,6...1,8 m/s.

Žičare s krutom ili prirodnom voznom stazom imaju samo vučno uže, a umjesto nosivog užeta teret nosi kruta ili prirodna vozna staza, kao npr. tračnice slične željezničkim (uspinjače) ili zemljiste pokriveno snijegom (vučnice, sl. 219). Beskonačno vučno uže vučnice postavljeno je iznad zemlje na stupovima. Skijaš s prikopčanim skijama stoji na snijegu i vučno ga uže pomoći zahvatnog užeta vuče uzbrdo.

Pneumatska prenosila

Pneumatska prenosila transportiraju sipki materijal (kakada i komadnu robu) kroz cjevovod pomoću struje plinova, najčešće zraka. Pokretljivost smjesi materijala i zraka ovisi o gustoći smjesi, pa način transporta ovisi o smjesi materijala i zraka.

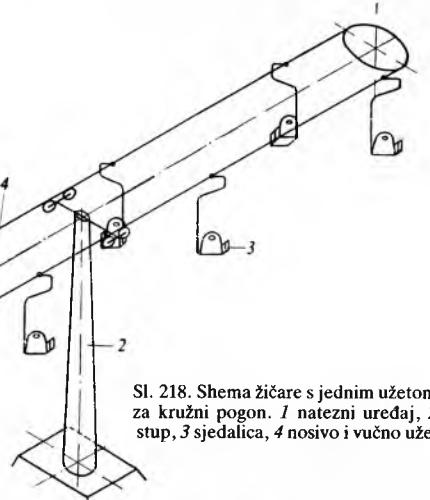
Sa siromašnom smjesom mogu se ostvariti velike duljine dobave, a pri tom je brzina zraka ($v_z = 10 \dots 40 \text{ m/s}$) veća od brzine materijala. Zbog velikih brzina zraka i materijala postoji opasnost da se materijal ošteti. U bogatoj smjesi s visokom koncentracijom materijala veoma se smanji tlak, pa zato duljine dobave moraju ostati malene. Brzina je zraka

tada vrlo mala ($v_z = 0,5 \dots 8 \text{ m/s}$) i približno jednaka brzini materijala, pa se materijal ne ošteti. Potrošak energije za pneumatski transport bogate smjesi manji je nego za transport siromašne smjesi.

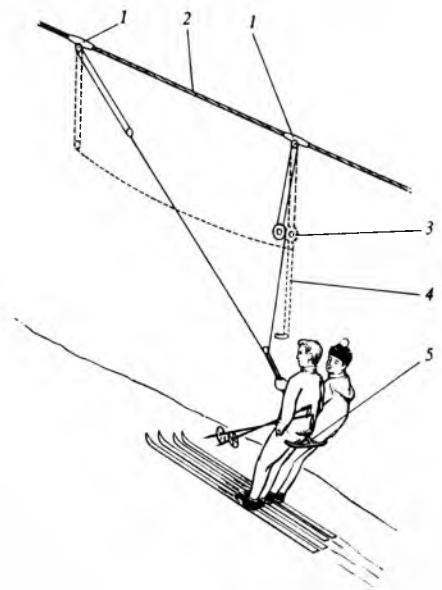
Brzina strujanja zraka u cjevovodu mora biti tolika da se ni na kojem mjestu materijal ne skuplja. Cijevi cjevovoda mogu biti položene horizontalno, koso i vertikalno, a međusobno se povezuju zakrivljenim cijevima, odnosno koljenima.

U usporedbi s ostalim prenosilima kontinuirane dobave pneumatska su prenosila jednostavnija, zahtijevaju malo prostora, mogu se voditi u bilo kojem smjeru, ne propuštaju

Sl. 218. Shema žičare s jednim užetom za kružni pogon. 1 natezni uredaj, 2 stup, 3 sjedalica, 4 nosivo i vučno uže



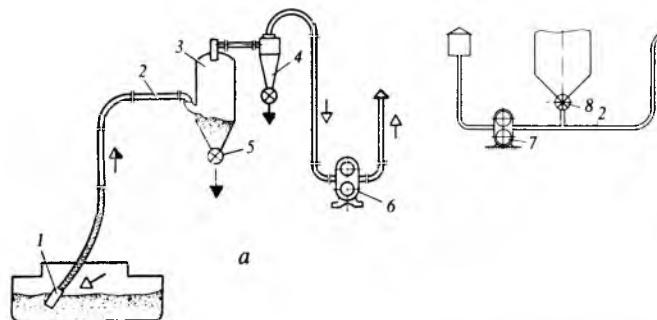
Sl. 219. Vučnica. 1 vijčana spajalica, 2 vučno uže, 3 bubanj s oprugom za namatanje zahvatnog užeta, 4 zahvatno uže, 5 vučno sidro



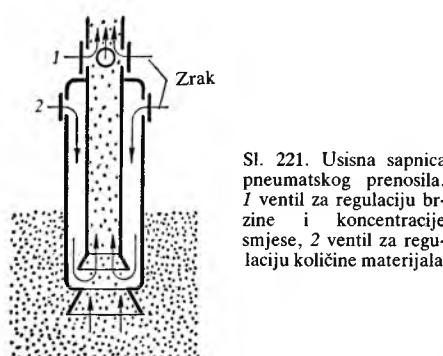
prašinu, traže male troškove nabavke i održavanja, omogućuju visok stupanj automatskog upravljanja i jednostavno povezivanje procesa transporta s tehnološkim procesima (npr. odsisavanje sitnih dijelova materijala iz mlinova), a prikladna su i za prijenos vrućih materijala. Nedostaci pneumatskih prenosila, osobito onih s velikim brzinama jesu: cjevovod i materijal veoma se troše habanjem, imaju vrlo velik potrošak energije (5–14 puta veći nego mehanička prenosila) i veoma su bućna.

Prema načinu postizanja razlike tlakova na krajevima cjevovoda za transport razlikuju se usisna i tlačna pneumatska prenosila.

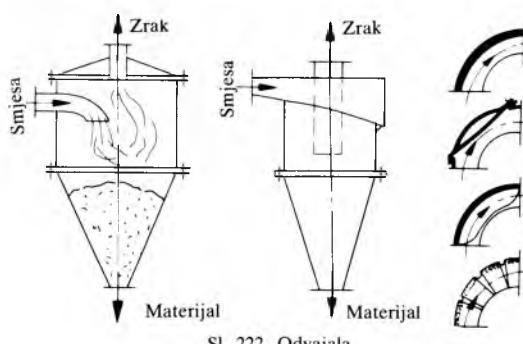
Usisna pneumatska prenosila (sl. 220a) imaju vakuumsku pumpu na kraju postrojenja koja usisava zrak iz svih dijelova postrojenja i stvara potrebnu razliku tlaka. Materijal usisan sapnicom (sl. 221) odlazi kroz cjevovod u odvajalo (sl. 222), gdje se zbog promjene brzine (povećanje presjeka) i promjene smjera odvaja od zraka. Iz odvajala materijal izlazi kroz ustavu s rotirajućim čelijama (sl. 223), a nosiva struja zraka prolazi kroz odvajalo prašine i zatim je očišćenu zračna pumpa izbacuje u slobodni prostor.



Sl. 220. Sheme pneumatskih prenosila. a usisno pneumatsko prenosoilo, b tlačno pneumatsko prenosoilo, c usisno-tlačno pneumatsko prenosoilo; 1 usisna sapnica, 2 transportni cjevovod, 3 odvajalo, 4 odvajalo prašine (ciklon), 5 ustava s rotirajućim čelijama za ispuštanje materijala iz odvajala, 6 vakuumska pumpa, 7 kompresor, 8 ustava s rotirajućim čelijama kao dodavalo materijala, 9 filter kroz koji izlazi nosivi zrak iz odvajala, 10 odvajalo s ugradenim odvajalom prašine 4



Sl. 221. Usisna sapnica pneumatskog prenosa. 1 ventil za regulaciju brzine i koncentracije smjese, 2 ventil za regulaciju količine materijala

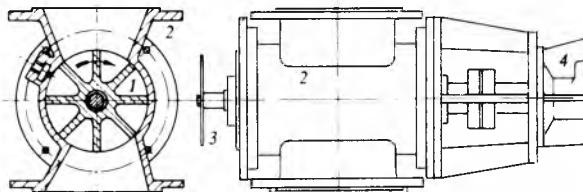


Sl. 222. Odvajala

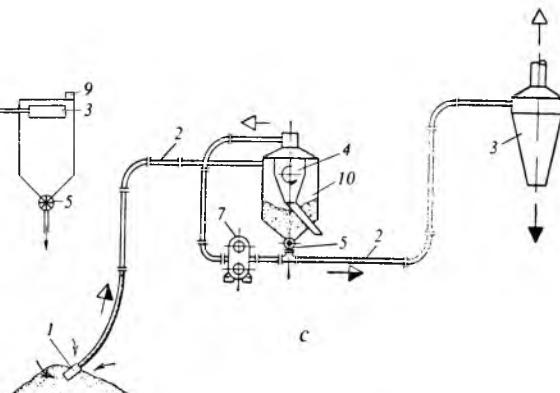
Usisna se postrojenja odlikuju velikom čistoćom. Ona mogu uzimati materijal istodobno s nekoliko mjesto, a odlagati ga na jednom mjestu. Zbog ograničenog tlaka prikladna su samo za manje duljine dobave i lakše materijale kao što su žitarice, drvena piljevina, ugljena prašina i sl.

Imaju dobavu do 100 t/h (najviše do 500 t/h), duljina je dobave do 200 m (najviše do 500 m), visina dobave do 30 m, maksimalna razlika tlaka u cjevovodu do 0,05 MPa, brzina strujanja nosivog zraka 20–40 m/s, a maksimalna grudavost materijala do 20 mm. Promjer cjevovoda iznosi 60–250 mm.

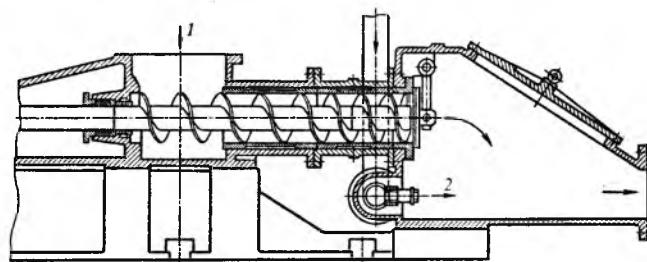
Tlačna pneumatska prenosila (sl. 220b) rade s većom razlikom tlaka, pa su prikladna za velike duljine dobave i teže materijale kao pepeo, cement, sitnogrudast ugljen, rudaču,



Sl. 223. Ustava s rotirajućim čelijama. 1 kotač s čelijama, 2 okrilje, 3 pokazivač vrtnje, 4 pogon (motor s prirubnicom)



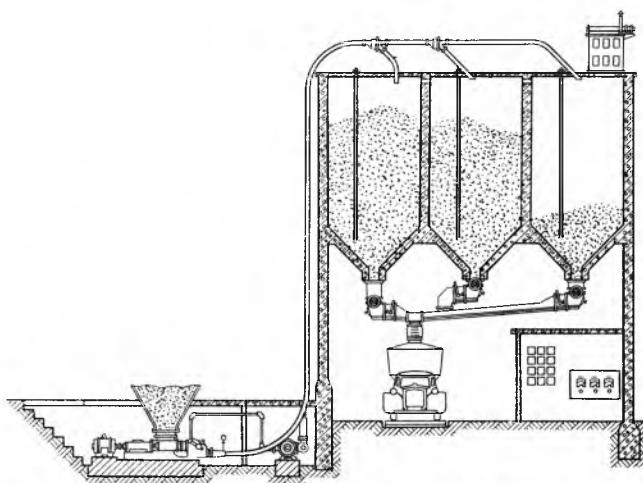
pjesak itd. Primjenjuju se kad se materijal uzima na jednom mjestu, a odlaže na jednom ili više mjesto. Na tlačnom postrojenju prikazanom na sl. 220b materijal ulazi u cjevovod za transport preko dodavala s čelijama, koje je prikladno za postrojenja s nižim i srednjim tlakovima. Za postrojenja s višim tlakovima upotrebljavaju se pužna dodavala (sl. 224), dodavala s komorom i injektorska dodavala. Materijal se u odvajalu odvaja od zraka i kroz ustavu s rotirajućim čelijama izlazi iz odvajala, a zrak napušta odvajalo kroz filter. U nekim postrojenjima umjesto da izlazi u slobodan prostor, zrak se dovodi ponovno u kompresor (postrojenja sa zatvorenim kružnim tokom).



Sl. 224. Pužno dodavalo. 1 ulaz materijala utiskivanjem kroz cijev puža, 2 ulaz zraka pod tlakom

Dobava tlačnih pneumatskih prenosila iznosi do 100 t/h (najviše do 500 t/h), duljina dobave do 500 m (najviše do 2000 m), visina dobave do 100 m, razlika tlaka u cjevovodu do 0,4 MPa (najviše 1,0 MPa), maksimalna grudavost do 60 mm, a promjer cjevovoda 50–350 mm. Na sl. 225 prikazano je tlačno pneumatsko prenosoilo s pužnim dodavalom, gdje smjesa zraka i materijala pada iz cjevovoda neposredno u skladišne silose (ne preko odvajala), što je moguće u tlačnim prenosilima.

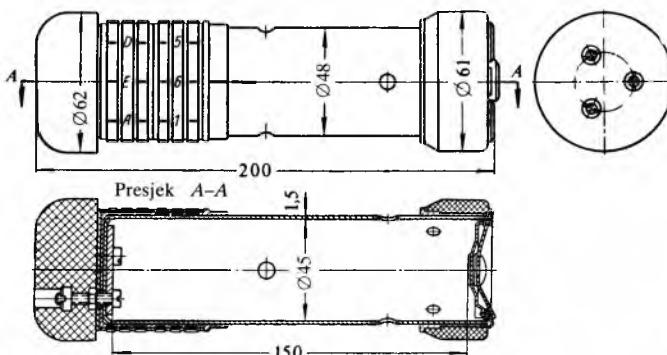
PRENOSILA I DIZALA



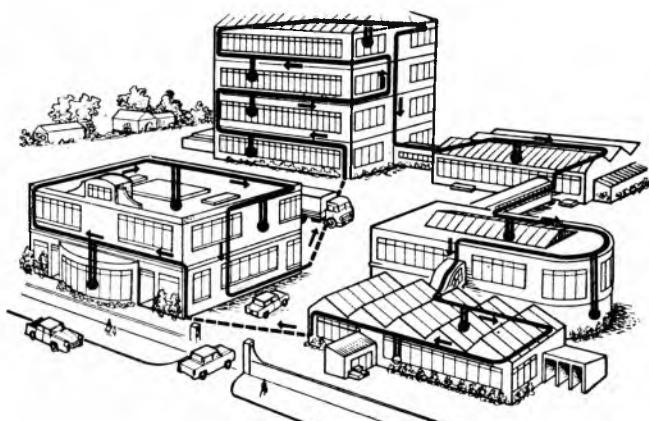
Sl. 225. Tlačno pneumatsko prenosilo s pužnim dodavalom

U sisno-tlačna pneumatska prenosila (sl. 220c) primjenjuju se ako na više mesta treba uzimati materijal i na više ga mjesto odlagati. Katkada se za takva postrojenja upotrebljavaju centrifugalni ventilatori, a pri tom smjesa zraka i materijala prelazi iz usisnog dijela cjevovoda u tlačni dio. Takva niskotlačna postrojenja često služe za odvođenje materijala od strojeva za mljevenje i drobljenje, da se ne bi stvarala prašina, te za odsisavanje piljevine i drvene strugotine pri obradbi drveta.

Pneumatska prenosila za komadnu robu transportiraju kroz cjevovode robe u kalibriranim posudama, tzv. patronama (sl. 226). Transport može biti izravan između dviju stanica, može biti prstenasti transport (sl. 227) ili transport preko centralnog mesta za sakupljanje i raspodjelju materijala. Postrojenja su pretežno usisna s duljinom dobave do 500 m i brzinom dobave 5...14 m/s.



Sl. 226. Patrona za cjevno poštansko prenosilo



Sl. 227. Pneumatski cjevni transport u pošti

Ta se vrsta transporta pretežno primjenjuje u poštanskim uredima, bankama, velikim trgovачkim kućama, novinskim redakcijama za prenošenje pisama, telegrama i malih paketa, pa se zato naziva *cijevnom poštom*. U tvornicama strojeva služi za prijenos sitnog alata, a u čeličanama za odašiljanje uzoraka na analizu u laboratorij.

Hidraulička prenosila

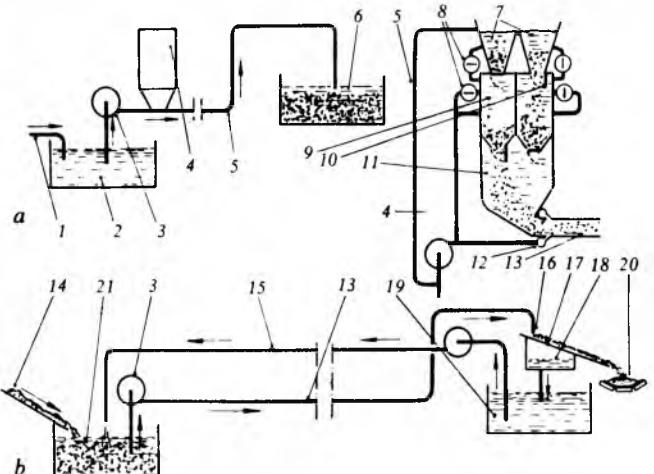
Hidraulička prenosila transportiraju rasuti materijal (npr. ugljen, rudača, pijesak, drvo) strujom tekućine (najčešće vode), iskoristavajući prirodni pad ili tlak pumpe. U *samotečnim prenosilima* smjesa se materijala i vode giba niz kose otvorene kanale, odnosno žlebove, djelovanjem sile teže. Žlebovi imaju nagib od 3...6%, već prema koncentraciji smjese koja smije sadržavati najviše ~14% tvrdih materijala. Samotečna prenosila, odnosno hidrauličke kliznice, služe npr. za transport šećerne repe u tvornicama šećera, a pri tom se repa istodobno i pere. Često se u otvorenim žlebovima transportira pepeo iz kotlovnih postrojenja, troska iz visokih peći, odgor iz valjaonice i drvo.

Druge su vrste *hidraulička prenosila s pumpom*, gdje se smjesa materijala i vode transportira kroz cijevi tlakom proizvedenim djelovanjem pumpe.

Prema načinu djelovanja razlikuju se usisna hidraulička prenosila, tlačna hidraulička prenosila i kombinirana, usisno-tlačna prenosila.

Usisna hidraulička prenosila imaju pumpu na kraju dobavnog puta, pa u cjevovodu vlada podtlak. Zbog malog pada tlaka mogu se postići samo kratke duljine dobave.

U *tlačnim hidrauličkim prenosilima* pumpa je smještena na početku dobavnog puta. Materijal se preko nekog dodavala (sl. 228a) ubacuje pod tlakom u cjevovod iza pumpe, ili smjesu materijala i vode usisava centrifugalna pumpa i zatim je tlači kroz cjevovod (sl. 228b). Taj je način transporta prikladan samo za sitan materijal.



Sl. 228. Shema tlačnog hidrauličkog prenosila. *a* ulazak materijala u cjevovod preko dodavala, *b* ulazak materijala u cjevovod kroz pumpu (s povratnim vodenjem vode); 1 dovod vode, 2 rezervoar za vodu, 3 centrifugalna pumpa, 4 dodavalo s tlačnim komorama, 5 cjevovod, 6 taložnica, 7 usipni lijevak za materijal, 8 ventil, 9 tlačna komora, 10 zatvarač, 11 komora smjese, 12 prstenasti kanal sa sapnicama za vodu pod tlakom, 13 tlačni cjevovod za smjesu, 14 dovod materijala, 15 cjevovod za povratnu vodu, 16 izlaz materijala, 17 sito, 18 posuda za prihvatanje vode, 19 rezervoar za povratnu vodu, 20 dalji transport materijala pomoću trakastog transporterja, 21 rezervoar za smjesu

Karakteristična je veličina hidrauličkog prijenosa *volumenska koncentracija* c izražena omjerom volumenskog protoka materijala (I_{vm}) i volumenskog protoka smjese materijala i vode $I_{vsm} = I_{vm} + I_{vv}$. Ona je određena izrazom

$$c = \frac{I_{vm}}{I_{vm} + I_{vv}} = \frac{I_{vm}}{I_{vsm}}. \quad (74)$$

Obično se postiže volumenska koncentracija (koncentracija krutog materijala) $c = 0,05\cdots 0,4$. Da se cjevovod ne bi začepio, ta vrijednost ne smije prijeći 0,5.

Promjer cijevi iznosi 150...1000 mm, tlakovi su u cijevima do 14 MPa, a protok je mase 100...500 t/h. Duljina je dobave do 400 km, pa hidraulički transport dolazi u obzir kao varijanta za željeznički ili brodski transport. Jedno veliko hidrauličko postrojenje za transport sitnog ugljena u SAD ima duljinu 175 km, promjer cijevi 275 mm, a protok mase 4 500 t na dan.

Prednosti su hidrauličkih prenosila: velika daljina dobave, prijenos bez stvaranja prašine, niski pogonski troškovi, proces se transporta može kombinirati s nekim tehničkim procesima. No, odlučujući kriteriji za prosuđivanje ekonomičnosti hidrauličkih postrojenja vezani su uz velik potrošak vode i uz visoke investicije uređaja za odvajanje.

LIT.: J. R. Immer, Materials Handling. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York 1953. – H. Ernst, Die Hebezeuge I, II i III. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1958/59/59. – Buchreihe Fördern und Heben, Stetigförderer 1 i 2 (Gesamtbearbeitung G. Salzer). Krausskopf-Verlag, Mainz 1964/67. – B. Madjarević, Rukovanje materijalom. Tehnička knjiga, Zagreb 1972. – E. Bahke, Transportssysteme heute und morgen. Krausskopf-Verlag, Mainz 1973. – S. Suvajdžić, Mechanizacija pretovorno-transportnih radova. Građevinska knjiga, Beograd 1973. – F. Remta, L. Kupka, F. Dražan i dr., Jeráby I i II. SNTL, Praha 1974/75. – J. Serdar, Prenosila i dizala. Tehnička knjiga, Zagreb 1975. – S. Dedijer, Osnovi transportnih uređaja. Građevinska knjiga, Beograd 1975. – G. Pajer, H. Kuhnt, F. Kurth, Stetigförderer. VEB-Verlag Technik, Berlin 1977. – H. Pfeifer, Grundlagen der Fördertechnik. Vieweg, Braunschweig 1977. – M. Scheffler, H. Dresig, F. Kurth, Unstetigförderer 2. VEB-Verlag Technik, Berlin 1977. – G. Pajer, M. Scheffler, H. Kielhorn, G. Adam, F. Kurth, Unstetigförderer 1. VEB-Verlag Technik, Berlin 1979. – G. Reitor, Fördertechnik. Carl Hanser Verlag, Wien 1979. – M. Scheffler, Fördermittel und ihre Anwendung für Transport, Umschlag, Lagerung. VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1980. – A. O. Сливаковскиј, В. К. Ђячков, Транспортирующие машины. Машиностроение, Москва 1983.

J. Serdar

PRIRODNA BOJILA, obojeni organski spojevi koji se nalaze u stanicama biljaka i životinja, te u mikroorganizmima. Prirodna bojila mogu se u njima nalaziti u slobodnom obliku (kurkumin) ili u spolu sa šećerom i bjelančevinama. Neka su bojila (indigo, antikni purpur) bezbojna, pa se od njih dobiva obojen spoj oksidacijom, fermentacijom ili fotokemijskim postupkom.

Mnogi arheološki nalazi dokazuju da je bojenje prirodnim bojilima bilo poznato već u pretpovijesnom razdoblju (npr. diluvijalna špilja Altamira). Tkanine obojene prirodnim bojilima (alizarin, indigo, antikni purpur) nadene su staroegipatskim grobnicama. Kao prirodno bojilo Grci su upotrebljavali šafran, koji sadrži krocetin, Rimljani lisnu uš (Coccus ilicis), koja sadrži kermesnu kiselinu, a Germani žutu rezedu, koja sadrži luteolin. U Južnoj i Srednjoj Americi bili su poznati u pretkolumbovsko doba antikni purpur za bojenje tkanina i indigo fiksiran na atapulgitu kao svijetleći plavi pigment (Maya-plavo).

Prva središta za bojenje antiknim purpurom bili su Tir (današnji Sur) u Feniji i Tarent u Italiji, a Fenici su ga prenijeli dalje na Zapad. Sve do XIII stoljeća bio je antikni purpur najskuplje prirodno bojilo. Žuta lavsonija (Lawsonia inermis), koja sadrži loson, i danas se upotrebljava na Orijentu, ali i na Zapadu, kao kozmetičko sredstvo i za bojenje kose. Žuta odjeća mandarina u Kini stoljećima se bojila sokom japanske sofore (Sophora japonica), koja sadrži rutin. Bojenje kermesnom kiselinom, koju sadrže ženke štitaste uši, crvenim bojilom (brazilein), koje se nalazi u drvu roda Caesalpinia (Caesalpinia cristata, C. brasiliensis i dr.), i plavocrvenim bojilom (hematoksilin), koje se nalazi u kampečevini (Haematoxylon campechianum), preneseno je iz Amerike nakon njenog otkrića u Evropu.

Sredinom XIX stoljeća utvrđen je kemijski sastav mnogih prirodnih bojila, a istraživanja proizvoda od katrana kamenog ugljena omogućila su sintezu prvoga umjetnog bojila (moyein, W. H. Perkin, 1856). To je potaklo dalja istraživanja, što je omogućilo razvoj proizvodnje sintetskih bojila (v. Bojila, TE 2, str. 84). Ta su bojila jeftinija od prirodnih, pa je u industrijski razvijenim zemljama bilo gotovo napušteno bojenje prirodnim bojilima. U posljednje vrijeme, međutim, raste zanimanje za upotrebu prirodnih bojila za bojenje tekstila, prehrabnenih, farmaceutskih i kozmetičkih proizvoda, zbog njihove postojanosti i blagih tonova.

Zbog mnoštva prirodnih bojila njihov je opis ograničen samo na ona najvažnija koja se upotrebljavaju za bojenje tekstila, kože, drveta, prehrabnenih, farmaceutskih i kozmetičkih proizvoda, koja služe u analitičkoj kemiji kao indikatori i reagensi, te za selektivno bojenje preparata za mikroskopiranje.

Dobivanje prirodnih bojila. Sirovine za dobivanje prirodnih bojila najčešće sadrže smjesu obojenih spojeva i druge supstancije. Rjede se sirovine mogu neposredno upotrijebiti za bojenje, a najčešće se iz sirovina izolira jedno od bojila ili njihova smjesa.

Sirovine se suše i sitne rezanjem ili mljevenjem da bi se maksimalno iskoristile. Bojila se najčešće izoliraju ekstrakcijom, a otapalo se bira prema kemijskim svojstvima bojila i drugih sastojaka, te prema radnim uvjetima. Kao otapalo najčešće se upotrebljavaju voda, metanol, etanol, aceton, kloroform, eter, benzen i tetrakloruglik. Za izolaciju prirodnih bojila primjenjuju se, osim ekstrakcije, osapunjavanje (natrij-hidroksidom ili kalij-hidroksidom), taloženje (pomoću kloridne, sulfatne i octene kiseline), isolovanje (natrij-kloridom ili natrij-sulfatom) i kristalizacija (iz otopina u metanolu, etanolu, benzenu ili piridinu).

Klasifikacija prirodnih bojila. Prirodna bojila mogu se klasificirati prema kemijskoj konstituciji, prema porijeklu ili prema područjima primjene. Klasifikacije prema porijeklu ili prema područjima primjene ne mogu biti jedinstvene, jer se ista bojila mogu nalaziti u različitim sirovinama, odnosno mnoge sirovine sadrže i više različitih obojenih spojeva ili se ista bojila upotrebljavaju za različite svrhe.

Zbog toga je najkorektnija klasifikacija prema kemijskoj konstituciji, pa se prirodna bojila mogu svrstati u polienska, diaroilmetsanska, karbociklička i heterociklička prirodna bojila.

Zajedno s drugim bojilima i prirodna su bojila numerički klasificirana u katalogu Colour Index (v. Pigmenti, TE 10, str. 271).

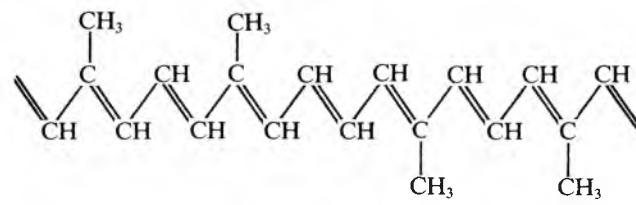
POLIENSKA PRIRODNA BOJILA

Karotenoidi (v. Masti i ulja, TE 8, str. 668; v. Vitamini) glavna su polienska prirodna bojila. To su žuti do tamnocrveni spojevi tetraterpenske strukture (v. Eterična ulja, TE 5, str. 361) s dugim nizom konjugiranih dvostrukih veza.

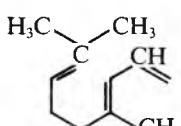
H. Wackenroder (1831) izolirao je obojeni spoj iz mrkve (*Daucus carota*), a skupinu kojoj taj spoj pripada nazvao je M. Cvet (1911) karotenima. R. Willstätter sa suradnicima (1906–1914) odredio je bruto-formule mnogih karotenoida. H. von Euler (1928) otkrio je da je karoten provitamin A, a iste godine P. Karrer i R. Kuhn utvrđuju kemijske konstitucije mnogih karotenoida. Nakon prvih sinteza (P. Karrer i H. H. Inhoffen, 1950) naglo se razvila industrijska sinteza karotenoida.

Većina prirodnih karotenoida, od kojih je za približno tri stotine poznata kemijska konstitucija, ima molekule sa 40 atoma ugljika, koje se sastoje od središnjeg dijela sa 20 atoma ugljika (strukturna formula I) i različitih krajnjih skupina sa 10 atoma ugljika (strukturne formule II). Tako se α -karoten sastoji od središnjeg dijela R_1 i krajnjih skupina R_3 i R_4 ($R_3 + R_1 + R_4$), β -karoten od R_1 i dviju skupina R_4 ($R_4 + R_1 + R_4$), a γ -karoten od R_1 , R_2 i R_4 ($R_2 + R_1 + R_4$).

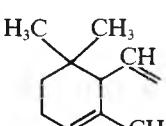
R_1



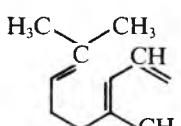
R_2



R_3



R_4



Strukturne formule II