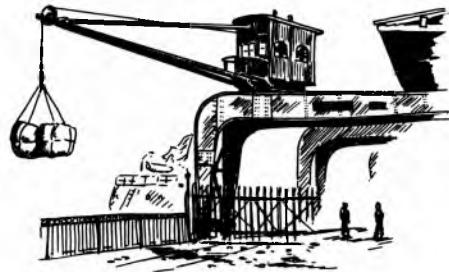


## PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA – PRENOSILA I DIZALA

England 1980. – S. Rahelić, J. Joksimović i F. Bučar, Tehnologija prerade mesa (Tehnologija mesa II). Tehnološki fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad 1980. – R. Lawrie, Developments in Meat Science–2. Elsevier Applied Science Publishers, Crown House, Essex, England 1981. – R. Scoot, Cheesemaking Practice. Elsevier Applied Science Publishers, Crown House, Essex, England 1981. – C. Bojčić i sur., Slatkovodno ribarstvo. Poslovna zajednica slatkovodnog ribarstva Jugoslavije, Ribozajednica, Jumena, Zagreb 1982. – T. Stanovec, Sirarstvo. ČZP Kmetički glaz., Ljubljana 1982. – I. Savić i Ž. M. Milosavljević, Higijena i tehnologija mesa. Privredni pregled, Beograd 1983. – E. Bernardini, Oilseeds, Mils and Fats Encyclopedia. Roma 1983–1984. – G. G. Birch, Control of Food Quality and Food Analysis. Elsevier Applied Science Publishers, Crown House, Essex, England 1984. – R. Jowitt, Extrusion Cooking Technology. Elsevier Applied Science Publishers, Crown House, Essex, England 1984. – A. Petrićić, Konzumno i fermentirano mlijeko. Udrženje mlijekarskih radnika SRH, Zagreb 1984. – Y. Pomeranz, Advances in Cereal Science and Technology, Vol. VI. AACC, St. Paul, Minnesota, 1984. – E. J. Pyler, Baking Science and Technology. Siebel Publishing Company, Chicago 1984.

*T. Lovrić      V. Piližota*

dimenzijama i težini, uz relativno veliku snagu elektromotor je omogućio pojedinačni pogon za sve vrste djelovanja granika. Elektromotor je također omogućio da se s relativno malim strojevima podižu i najteži tereti, te da se postignu veliki momenti pokretanja bez uvrštanja spojki, a time i kratko trajanje pokretanja. Od tada počinje snažan i brz razvitak svih vrsta prenosila i dizala.



Sl. 1. Prvi granik s električnim pogonom, postavljen u hamburškoj luci 1892. godine

### **PRENOSILA I DIZALA**, strojevi, postrojenja, uređaji i naprave za prijenos materijala i predmeta, te za rukovanje materijalima i predmetima, a iznimno i za prijevoz ljudi.

Ukupan transport može se razvrstati na javni transport na zemlji, po vodi i u zraku, i na kratki transport. Prema tome, razlikuje se prometna tehnika i tehnika prijenosa. Prenosila i dizala sredstva su kratkog transporta te pripadaju tehnicima prijenosa.

Potreba za prenosilima i dizalima pojavila se već u vrijeme najstarijih kultura. Povećanje proizvodnje materijalnih dobara, a pogotovo nastojanje da se prijenos materijala i predmeta mehanizira, racionalizira i automatizira, uvjetovali su razvoj prenosila i dizala, kao i to što je tehnika prijenosa sastavni dio proizvodnje i razdoblje dobara.

Mnogo je različitih radnih oblasti u kojima su potrebna prenosila i dizala, a također je mnogo različitih radova koje obavljaju prenosila i dizala, pa je zbog toga i potrebitno mnogo različitih vrsta prenosila i dizala. Tako se za prijenos i sortiranje sirovina u rudnicima i njihovim dnevnim kopovima, za preradbu tih sirovina u poluproizvode u topionicama, velikim kemijskim pogonima, tvornicama cementa itd. mora osigurati neprestano kretanje golemlih količina materijala. U unutrašnjem transportu metaloprerađivačkih tvornica, brodogradilišta i sl. mora se osigurati kretanje materijala, različitih dijelova i finalnih proizvoda između radnih mjesto i proizvodnih odjela. Važni zadaci na području kretanja materijala pojavljuju se i na pretovarnim mjestima u lukama, željezničkim stanicama, aerodromima itd. Na svim pretovarnim mjestima obavlja se utovar, istovar i pretovar kao izdvojeni procesi prijevoza.

To pokazuje da mora postojati veoma mnogo različitih prenosila i dizala. Njih se može razvrstavati na a) granike i dizala, b) prenosila povremene dobave, c) prenosila kontinuirane dobave, d) žičare i e) specijalna prenosila i dizala.

Tamo gdje sila ljudskih mišića nije dovoljna, mora se zamjeniti nekom drugom silom. Zbog toga primjena prenosila i dizala seže daleko u prošlost. Negdje oko ← 2600.u gradnji egipatskih piramida upotrebljavale su se klizaljke, poluge i koturi za prijenos golemlih količina kamenih blokova. Kako su zapravo izgledala ta pomoćna sredstva za prijenos, može se samo naslućivati. Isto se tako može samo naslućivati kakva je bila tehnika dizanja i prijenosa velikih kamenih blokova, mase i do 45 tona, od kojih su izgrađeni megalitski spomenici. Jedan od najčešćih takvih spomenika je Stonehenge u blizini Salisburija u Engleskoj, za koji su se tako teške kamene grdosije donosile iz kamenoloma udaljenog 180 kilometara, i to već u ← III tisućljeću.

U doba stare grčke kulture bio je već poznat granik s kolom za gaženje. Čovjek je penjući se po obodu takva kola velikog promjera okretao pogonsko kolo granika. Za vrijeme rimskog doba ta se vrsta granika usavršila. Sačuvani mozaici i reljefi iz II st. prikazuju takve granike.

U srednjem vijeku grade se i toranjski okretni granici za dizanje tereta. Prvi granik s karakteristikama modernih granika pronašao je Leonard da Vinci (1452–1519). Taj se granik mogao okretati na okretnoj platformi, a imao je ručicu za dizanje i zadržać, što je omogućivalo dizanje a sprečavalo padanje tereta.

Primjena parnog stroja za pogon prenosila i dizala počinje ~1850., i to najprije za izvoznu postrojenja u rudnicima. Prvi granik s električnim pogonom bio je postavljen u hamburškoj luci 1892. (sl. 1). Zahvaljujući malim

### **GRANICI**

*Granikom* se naziva postrojenje koje diže i vodoravno prenosi teret. Visina dizanja može se mijenjati i obično iznosi samo nekoliko metara, a rijetko doseže više desetaka metara. Vodoravni prijenos također se može mijenjati, a ograničen je raspoloživim prostorom. Prenosi se gibanjem čitava granika ili glavnog dijela njegova postolja. Po tome se granik i razlikuje od *dizala* koje se ne giba vodoravno. Naprave na kojima se visina tereta za vrijeme prijenosa ne može mijenjati nazivaju se *prenosilima*.

Među tipične granike spadaju naprave i postrojenja koji u tvorničkim halama dižu, prenose i spuštaju teret. Liftovi su tipična dizala, a rudnički vagoneti vučeni lokomotivom tipična su prenosila. Međutim, među prenosilima kontinuirane dobave ima mnogo takvih koja teret mogu i dizati ili ga čak samo dižu.

### **Vrste granika**

Granici se mogu razvrstati prema različitim kriterijima (mjesto i područje rada, način gibanja, oblik i dr.). Zbog toga bi se mnogi granici mogli svrstati u više grupa. To je i razlog da će se vrste granika prikazati bez obzira na mogući način razvrstavanja.

**Mosni granici** služe uglavnom za transport sirkog materijala i predmeta unutar industrijskih pogona, za premetanje materijala i predmeta u skladištima, za transport u radionica i montažnim halama, te za utovar i istovar željezničkih vagona i kamiona.

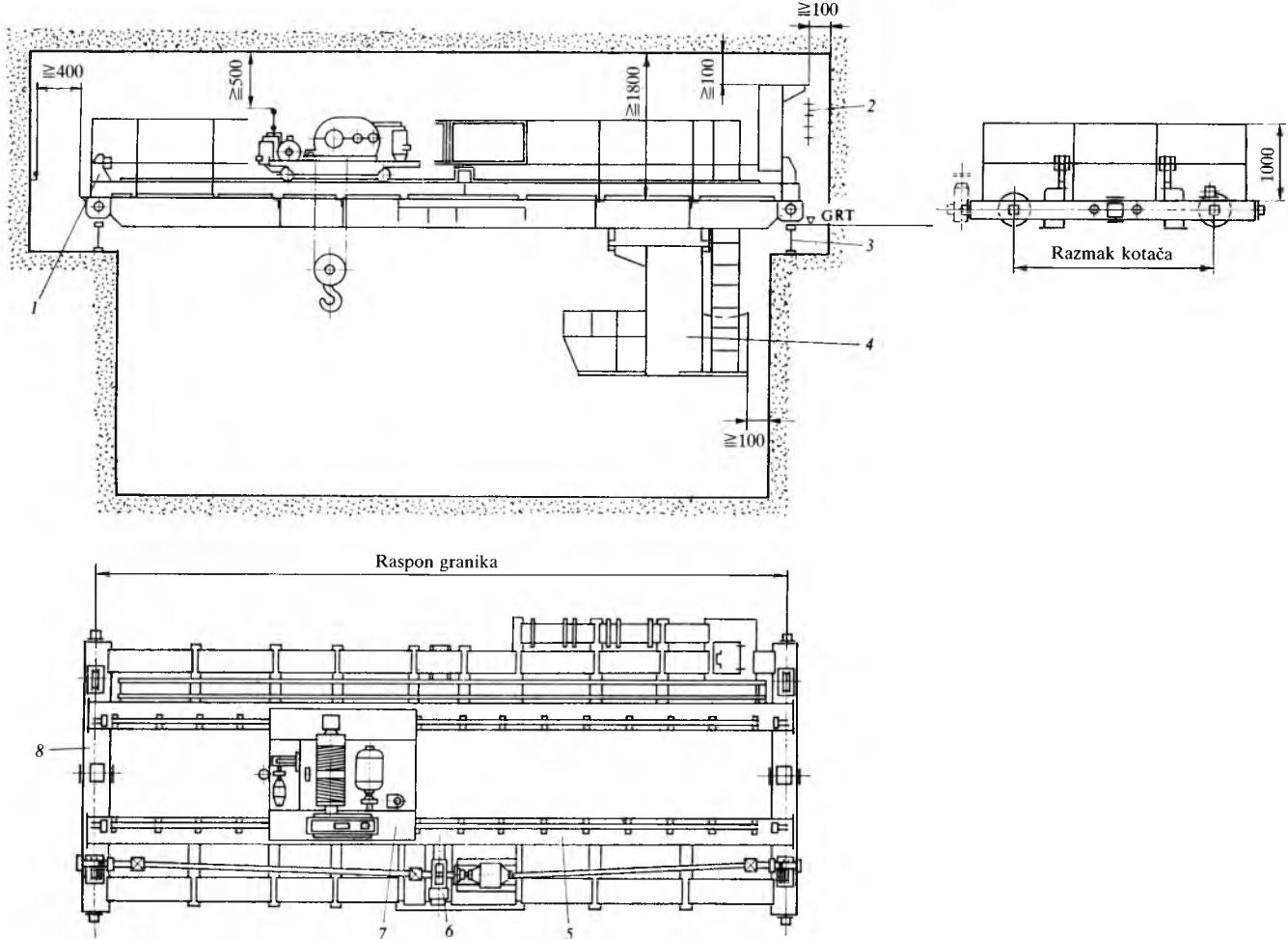
**Mosni granici** postoje se od mosta, vitla, strojnih sklopova i električnih uređaja. Na glavnim nosačima mosnog granika (sl. 2) smještene su tračnice vitla granika. Krajevi glavnih nosača kruto su vezani na poprečne nosače u kojima su smješteni vozni kotači granika. Obično je samo polovica tih kotača vezana na pogonski mehanizam za vožnju. To su pogonski kotači, a ostali su slobodni kotači granika.

**Mostovi granika** male nosivosti obično imaju samo jedan glavni nosač izrađen od valjanog željeza s profilom u obliku slova I. Po donjoj prirubnici nosača kreće se vitlo s električnim čekrkom (sl. 3). Izradba je glavnih nosača od valjanih profila jednostavna i jeftina, pa se valjani nosači primjenjuju svuda gdje god je moguće, iako im je težina razmjerno velika. Granici s takvim mostovima upotrebljavaju se za nosivost do 6,3 t (korisna masa na kuki) i za raspone do 25 m. Za raspone veće od 12 m nisu baš prikladni zbog velikih mosnih progiba. Mostovi granika većih nosivosti obično imaju dva glavna nosača (sl. 2), koji su napravljeni kao rešetkasti ili kao punostjeni nosači. Punostjeni nosači mogu biti valjani profili, punostjeni zavareni ili zakovani nosači i kutijasti nosači. Granici s kutijastim nosačima grade se od dva nosača (sl. 4) a u posljednje vrijeme i od samo jednog nosača (sl. 5a). Prednosti su granika s jednim nosačem: manja masa granika, manji troškovi izradbe i jednostavnije održavanje. Oni se za manje nosivosti dosta

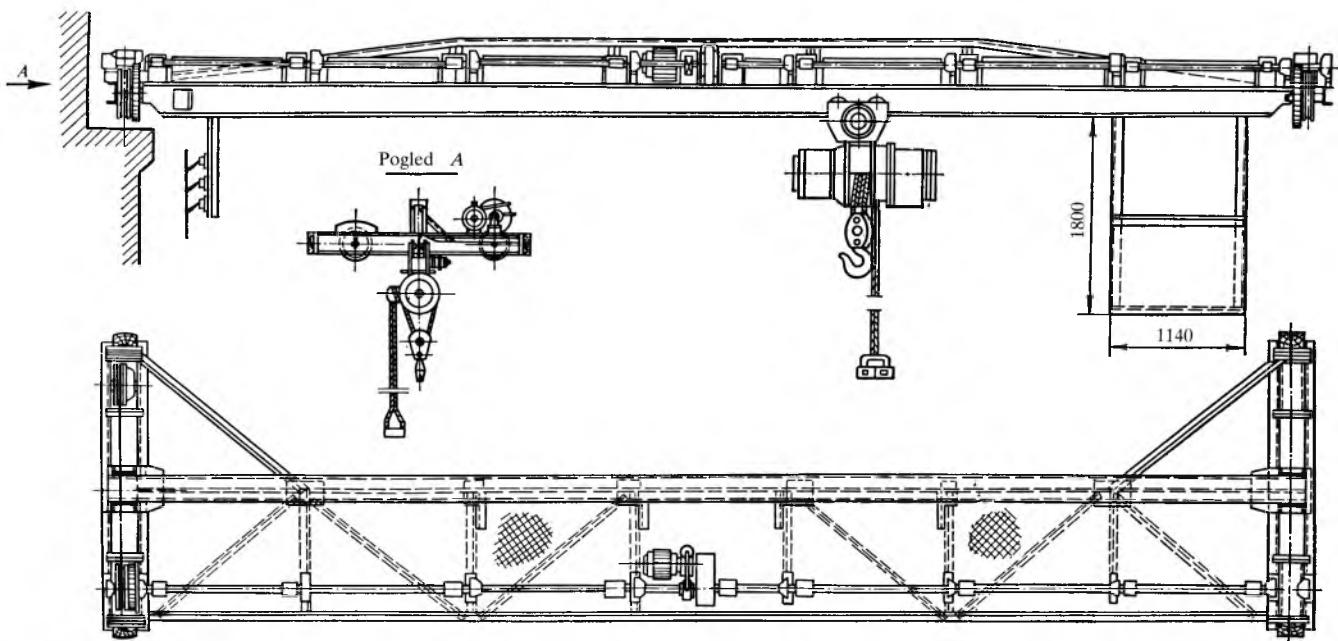
rado primjenjuju unatoč komplikiranijoj izradbi vitla (sl. 5 i 6). Granici s jednim nosačem prikladni su za raspone do 40 m i za nosivosti do 100 t.

Nosive čelične konstrukcije granika (to su mostovi mosnih granika) vrlo su visoko napregnute. Zbog toga u mnogim

zemljama već odavno postoje upute ili propisi prema kojima se određuju opterećenja, dopuštena naprezanja, potrebni dokazi čvrstoće itd. Glavni i poprečni nosači graničkog mosta izrađuju se od čelika, a u posljednje vrijeme i od aluminija. Tada se aluminijski profili zavaruju s aluminijskim limovima



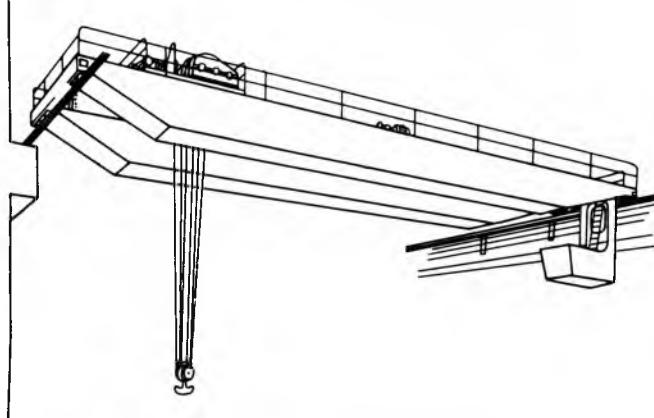
Sl. 2. Mosni granik sa dva nosača. 1 odbojnik za vitlo, 2 kontaktni električni vod, 3 nosač pruge granika, 4 upravljačnica, 5 glavni nosač, 6 mehanizam za vožnju granika, 7 vitlo, 8 poprečni nosač, GRT gornji rub tračnice



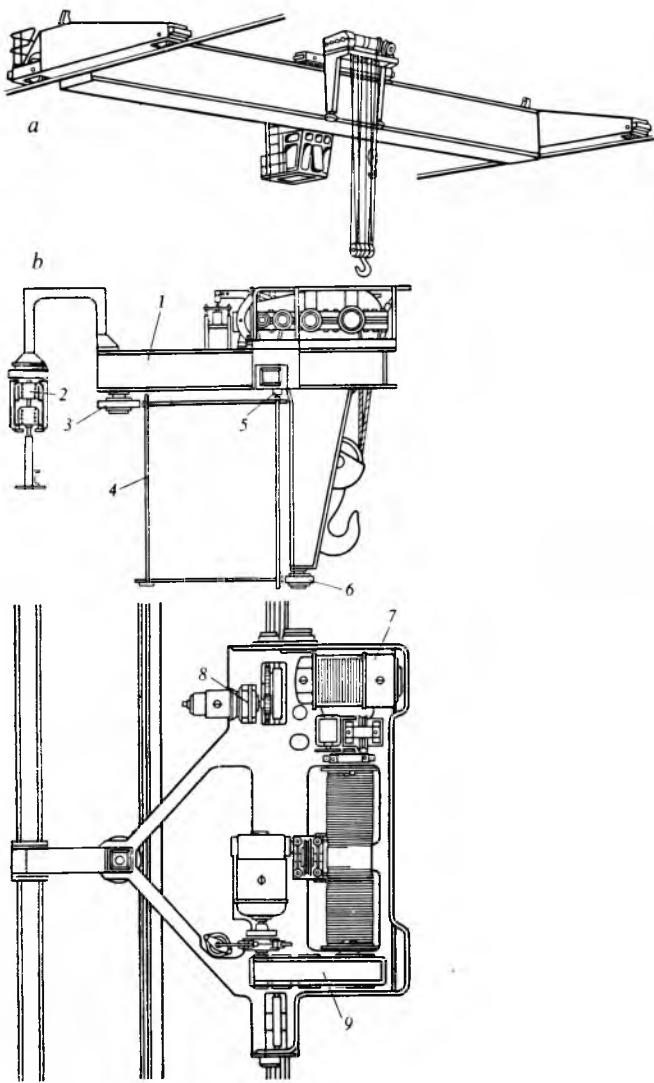
Sl. 3. Mosni granik s jednim nosačem

## PRENOSILA I DIZALA

u krute veze. Zbog manje specifične težine aluminija nosiva aluminijска konstrukcija granika omogućuje gradnju lakših hala, sa slabijim nosačima graničnih pruga, s tanjim nosivim stupovima i lakšim temeljima. Potrošak energije za pogon takvih granika također je manji, jer su lakši pa mogu imati pogonske motore manje snage, a nije potrebno ni antikorozijsko bojenje aluminijске konstrukcije. Međutim, da bi se

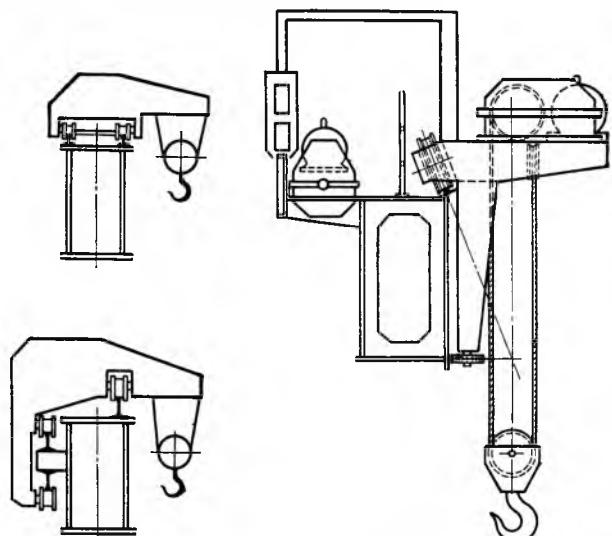


Sl. 4. Mosni granik sa dva kutijasta nosača



Sl. 5. Mosni granik s jednim kutijastim nosačem. a opći izgled granika, b vitlo; 1 postolje vitla, 2 oduzimač struje, 3 gornji horizontalni kotač, 4 kutijasti nosač granika, 5 vertikalni kotač, 6 donji horizontalni kotač, 7 pomoćni mehanizam za dizanje, 8 mehanizam za vožnju vitla, 9 glavni mehanizam za dizanje

postigla ista krutost aluminijskih nosača kao čeličnih, aluminijski nosači moraju imati veću visinu, jer aluminij ima manji modul elastičnosti nego čelik.



Sl. 6. Različiti oblici vitla za granike s jednim kutijastim nosačem

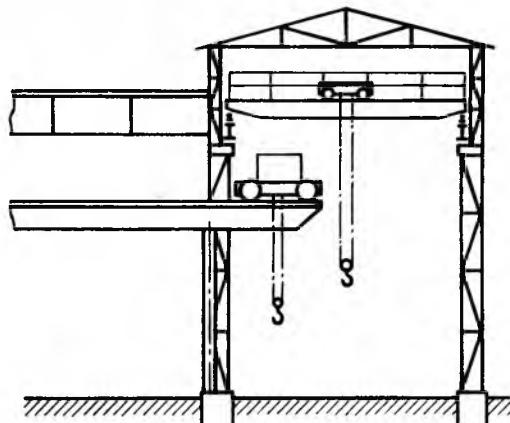
Veoma je važno da se granik ispravno kreće po pruzi, tj. treba osigurati da se granik u vožnji ne upopriječi. Grebeni bandaža kotača upopriječenog granika struju o stranice tračnica, a stranice glavina kotača o stranice poprečnih nosača granika, pa se povećava trenje, a time i dodatni otpori u vožnji i trošenje bandaža kotača i tračnica. Da bi se to izbjeglo, potrebno je, među ostalim, ispravno postaviti prugu granika, izraditi sve kotače granika jednakog promjera i s jednakom tvrdoćom bandaže da trošenjem ne nastanu razlike među promjerima kotača. Osim toga, potrebno je osigurati istodobno pokretanje kotača na objema stranama granika.

Mosni granici pretežno imaju pogon elektromotorima. U novijim konstrukcijama primjenjuju se i hidraulički motori za vožnju i dizanje.

Mosni granici danas se grade u veoma mnogo različitih izvedbi s obzirom na konstrukciju, nosivost, visinu dizanja, brzinu dizanja i brzinu vožnje. Nosivost mosnih granika, tj. dopuštena maksimalna korisna masa na kuki granika, najčešće iznosi 3,2…50 t, a ponekad i do 500 t. Visine su dizanja pretežno 8…16 m, ali mogu biti i niže i mnogo više. Uobičajene su brzine 0,03…0,5 m/s za dizanje, 0,25…1,0 m/s za vožnju vitla i 0,4…1,6 m/s za vožnju granika.

S obzirom na različite predmete koje trebaju dizati mosni granici imaju i različita sredstva za prihvaćanje tereta kao što su kuke, zahvatači, elektromagneti, kliješta, stezaljke i sl.

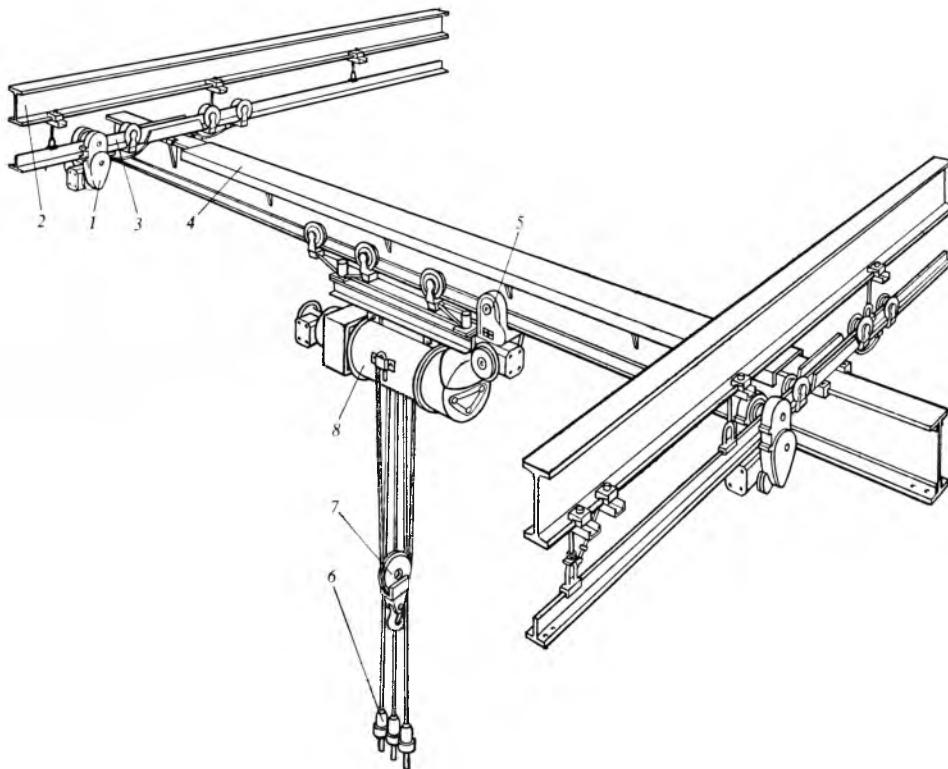
Između dvije ili više hala smještenih jedna pokraj druge transport je mosnim granicima prilično otežan, jer jedan mosni granik ne može odložiti teret u drugu halu. To se



Sl. 7. Mosni granici u udužnim halama i poprečnoj hali

obično provodi tako da se teret odloži na vagonet s platformom, pa se vagonet po tračnicama ili po podu ugura u susjednu halu. Druga je mogućnost da granik ima okretno vitlo s dohvativnikom pomoću kojeg se može unijeti teret u susjednu halu. Postoji, osim toga, mogućnost da se hale s mosnim granicima povežu na jednom ili na oba kraja s poprečnom halom u kojoj je mosni granik postavljen na veću visinu (sl. 7). Granici uzdužnih hala ulaze u prostor poprečne hale po prođenju stazi granika. U tvornicama strojeva to osigurava dobar protok materijala.

**Viseći granici** su mosni granici s voznim prugama zavješenima pretežno na stropovima ili krovnim konstrukcijama (sl. 8). Zavješenje može biti čvrsto ili takvo da se pruga može nijhati u poprečnom smjeru, a pruga u uzdužnom smjeru je ukrućena. Nosač granika je najčešće punostjen, a vitlo granika se kreće po donjem pojusu, odnosno po prirubnici nosača. Vitlo visi na dvije naprave za vožnju koje su građene za kretanje po donjoj prirubnici nosača. Naprave za vožnju imaju više kotača malog promjera. Granikom se upravlja s poda preko upravljačkog kabela. Želi li se granikom upravljati odozgo, tada je potrebno napravi za vožnju granika ili vitla priključiti voznu upravljačnicu. Viseći granici mogu biti izvedeni i sa dva nosača.

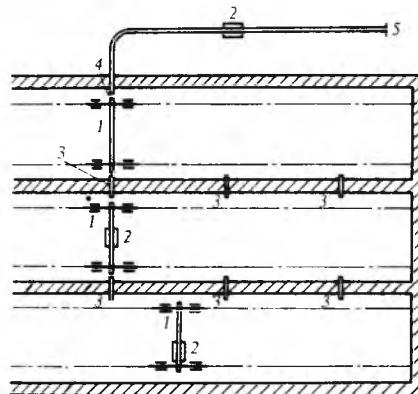


Sl. 8. Viseći granik. 1 naprava za vožnju granika, 2 stropni nosač, 3 tračnice vozne pruge granika, 4 nosač granika, 5 mehanizam za vožnju vitla, 6 kabeli za upravljanje s poda, 7 sklop kuke, 8 vitlo s električnim čekrkom

Nosivost visećih granika ovisi o dopuštenom opterećenju stropa, odnosno krovne konstrukcije, i iznosi  $0,5\cdots10$  t. Rasponi tih granika najčešće iznose  $4\cdots16$  m, a katkada i do 50 m. Za te velike raspone granik mora visiti na voznoj pruzi sa 3 do 5 tračnicama i mora imati potreban broj naprava za vožnju granika. Brzina dizanja visećih granika iznosi  $0,1\cdots0,2$  m/s, a brzina vožnje najčešće je ograničena na 0,5 m/s.

Viseći granici imaju sljedeće prednosti pred mosnim granicima: manja vlastita težina i manja visina traže lakše konstrukcije hala, jer nisu potrebni teški potporni stupovi za vozne pruge granika, jednostavno se prenosi teret u susjedne hale i za rad se oslobađa čitav pod hale. Nedostaci su visećih granika: ograničena nosivost i ograničene brzine kretanja, zbog upotrebe kaveznih elektromotorova mogu biti u pogonu samo ograničeno vrijeme, pa nisu prikladni za intenzivniji

rad, zbog malog promjera kotači se intenzivno troše pa ih treba često mijenjati. Viseći se granici ugrađuju u lake radioničke i montažne hale, skladišta i sl.



Sl. 9. Viseći granici u halama. 1 viseći granik, 2 vitlo, 3 prijelazna tračnica, 4 priključak na prugu visećeg električnog prenosila, 5 viseće električno prenosilo

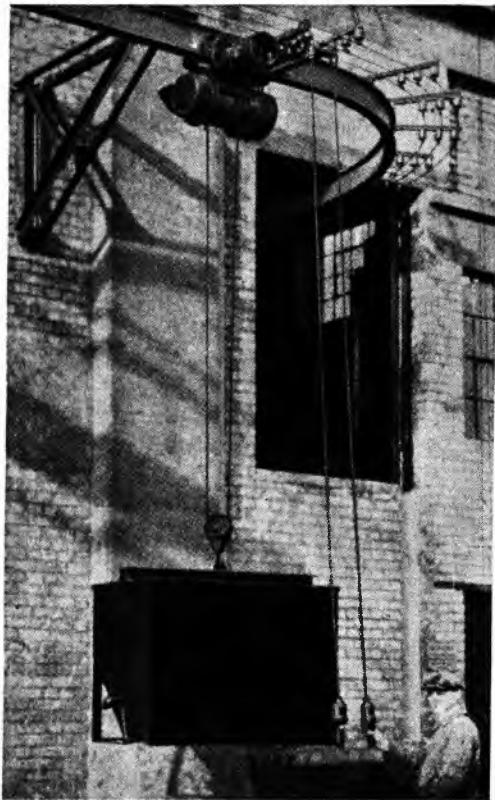
Pomoću visećih granika lako se ostvaruje potrebnii tok materijala kroz tvorničke hale, jer takvi granici omogućuju prijelaz vitla na granike susjednih hala i na pruge visećih električnih prenosila (sl. 9 i 10).

**Viseća električna prenosila** (sl. 10) povezuju vertikalno gibanje tereta s horizontalnim u bilo kojem smjeru, tj. u onome u kojem ga vodi viseća tračnica. Pruga visećih električnih prenosila može imati i uspon do 7%, a veći usponi svladavaju se pomoću ozubnica ili lančanih pogona. Pruge električnih prenosila mogu imati zavoje, skretnice, križanja, okretnice i sl. Viseća se električna prenosila postavljaju kad se ne zahtijeva kontinuirani tok materijala.

Vitlo s električnim čekrkom visećih električnih prenosila može imati umjesto kuke zahvatač ili košaru. Tada je uz vitlo obično prikopčana upravljačnica u kojoj se vozi upravljač granika. Kolica vitla kreće se po donjoj prirubnici nosača ili

## PRENOSILA I DIZALA

po tračnici smještenoj na gornjoj strani nosača. Takva viseća električna prenosila prikladna su za prijenos malih količina sirkog materijala (kapacitet  $10\cdots60 \text{ t/h}$ ). Lako se mogu smjestiti u uskim prostorima gdje nema dovoljno mesta za trakaste transporterke.

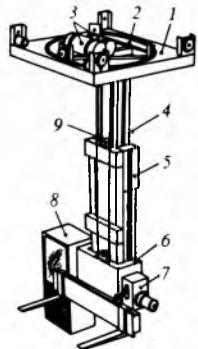


Sl. 10. Viseće električno prenosilo

**Granici viljuškari** (sl. 11) građeni su kao kombinacija mosnih granika i viljuškara. U uskim prolazima između

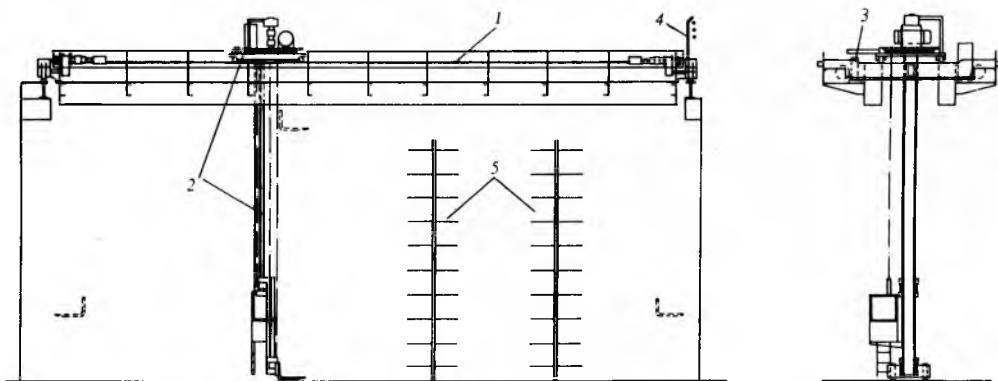
drugu napravu za prihvaćanje tereta ili platformu koja se dade uvlačiti. Oni mogu slagati pojedinačne terete jedan na drugi u redove i u skladištu bez polica.

Granikom viljuškarom može se upravljati s poda do visine slaganja  $\sim 5 \text{ m}$ , jer se do te visine još dobro može promatrati unošenje tereta u police, odnosno slaganje tereta. Za veće visine slaganja (do 20 m) granik ima upravljačnicu koja se kreće po stupu uz nosač s viljuškom i tako omogućuje upravljaču granika dobar pogled na teret. Nosivost granika viljuškara iznosi  $0,15\cdots6 \text{ t}$ , a najčešće  $2\cdots3 \text{ t}$ . Brzina je vožnje  $\sim 0,8 \text{ m/s}$ , a brzine su dizanja  $0,1\cdots0,13 \text{ m/s}$ . Širine su prolaza između polica  $1,4\cdots2,7 \text{ m}$ . Siri je prolaz potreban kad granik ima upravljačnicu. Za vožnju granika i vitla, okretanje i dizanje postoje posebni elektromotori. Elektromotori za vožnju granika i vitla omogućuju i vožnju s malom brzinom za točno unošenje tereta u police.



Sl. 12. Vitlo viljuškar. 1 okvir vitla, 2 okretnica, 3 mehanizam za dizanje, 4 nepomični stup, 5 teleskopski stup, 6 nosač s viljuškom, 7 naprava za zakretanje, 8 upravljačnica, 9 sigurnosni hvatač

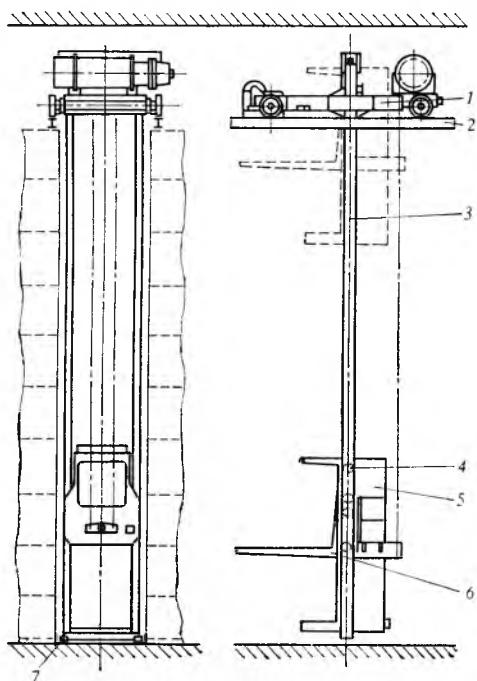
Prednosti su granika viljuškara pred običnim viljuškarom koji se kreće po podu u tome što mogu slagati robu na veću visinu i što prolazi između polica mogu biti uži. Granici viljuškari imaju manje troškove održavanja i pogona, ali višu nabavnu cijenu od običnih viljuškara iste nosivosti. Osim toga, djelovanje granika viljuškara ograničeno je na skladišni prostor, jer se ne mogu kretati i izvan skladišta kao obični viljuškari. Iskoristiva visina slaganja običnog viljuškara iznosi do  $8 \text{ m}$ .



Sl. 11. Granik viljuškar. 1 most granika sa dva nosača, 2 okretno vitlo, 3 oduzima struje za vitlo, 4 zaštitna mreža s glavnim oduzimačima struje, 5 police skladišta (ispunjavaju čitav prostor skladišta)

skladišnih polica rad je s viljuškarima otežan ili nemoguć, pa su tada veoma prikladni granici viljuškari. Vitlo se takva granika kreće po mostu koji može biti načinjen i kao most visećeg granika. Na vitlu je pričvršćen vertikalni stup koji se pomoću okretnice može okretati oko svoje vertikalne osi (sl. 12). Po stupu se gore-dolje kreće nosač s viljuškom, kojom se paletizirani tereti dižu, umeću u police ili prenose na druga transportna sredstva. Vertikalno kretanje nosača s viljuškom ostvaruje se pomoću lanaca, čeličnih užeta ili hidrauličkih cilindara. Stup može biti krut, pa tada seže do  $\sim 100 \text{ mm}$  iznad poda i ometa slobodan prolaz vozilima kroz hodnik. Ako se stup može uvući (sl. 12), oslobađa prolaz, što omogućuje prijelaz granika preko vagona i kamiona, te neposredno utovar i istovar. Takvi granici, umjesto viljuške, mogu imati i neku

Naprave za posluživanje polica (sl. 13) služe za vađenje predmeta iz polica da bi se sastavila neka pošiljka. Ta naprava sliči graniku viljuškaru, s tom razlikom što nema okretni stup, nego krute vodilice po kojima se gore-dolje kreće nosač za radnika. S nosačem se kreće i radna ploha na koju radnik stavlja predmete iz pretinaca police. Poželjno je da brzine vožnje i dizanja budu što veće. Vitlo takve naprave kreće se po gornjoj konstrukciji polica, a na podu je naprava vodena tračnicama s obje strane ili jednom tračnicom u sredini prolaza. One mogu biti dolje oslonjene, a gore vođene. Sada su u brzom razvoju, pa se često pojavljuju nove konstrukcije. Nosivost naprava za posluživanje polica iznosi  $250\cdots1000 \text{ kg}$ . Takve se naprave mogu konstruirati da rade i potpuno automatski.



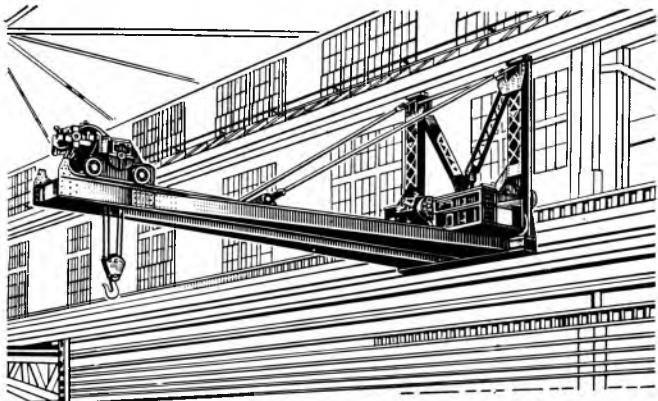
Sl. 13. Naprava za posluživanje polica. 1 vitlo, 2 vozna pruga, 3 vodilica, 4 kotač za vođenje, 5 nosač za čovjeka, 6 radna ploha, 7 donje vođenje



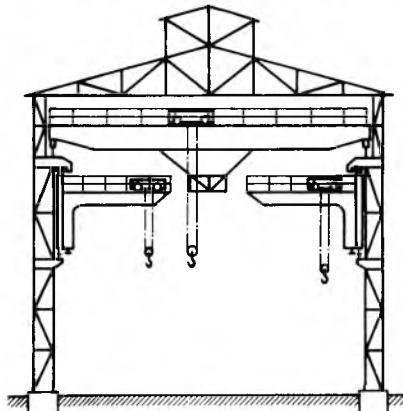
Sl. 14. Naprava za posluživanje polica

Osim naprava za posluživanje polica konstruiranih prema granicima viljuškarima, postoje i naprave konstruirane prema običnom viljuškaru koji se kreće po podu. Nosač za radnike i radna ploha (sl. 14) podižu se do visine ~8 m. Pri takvoj visini brzina vožnje naprave mora biti veoma malena.

**Pokretni konzolni zidni granik** može se smatrati posebnom izvedbom mosnog granika. Vitlo konzolnog zidnog granika kreće se po dva konzolna nosača koji su na krajevima povezani poprečnim nosačima (sl. 15). Takvi granici uzrokuju velike momente savijanja u stupovima hala, pa su potrebne teške i skupe konstrukcije tvorničkih zgrada. Zbog toga se takvi granici primjenjuju samo ako se viša cijena hale nadoknađuje prednostima koje u pogonu imaju takvi granici. Takve su prilike u čeličanama i ljevaonicama gdje konzolni zidni granici poslužuju površine s kalupima smještene uza zid hale. Povrh konzolnih zidnih granika kreće se u ljevaonicama ljevaonički granik koji između njih prenosi ljevaonički ionac (sl. 16). Nosivost pokretnih konzolnih zidnih granika iznosi 2...10 t pri dosegu od 4...10 m, pa nastaju momenti tereta do 1000 kNm. Brzina je vožnje granika do 2 m/s.

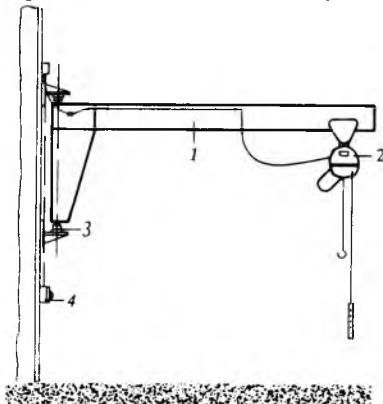


Sl. 15. Pokretni konzolni zidni granik



Sl. 16. Radionička hala s pokretnim konzolnim zidnim granicima i mosnim granikom

**Okretni zidni i stupni granici.** Okretni zidni granici pričvršćeni su na zid i zakreću se oko nepomične osi (sl. 17). Oni mogu biti pričvršćeni i na alatnom stroju. Zakret zidnog



Sl. 17. Okretni zidni granik. 1 dohvativnik, 2 vitlo s lančanim električnim čekrkom, 3 potporni ležaj, 4 električni prekidač

granika iznosi do  $180^\circ$ . Okretni stupni granici (sl. 18) imaju zakret do  $270^\circ$ , a neki od njih i do  $360^\circ$ . I zidni i stupni okretni granici prenose teret horizontalno zakretanjem dohvavnika ili vožnjom vitla po dohvavniku. Dohvatnik se zakreće tako da se teret ručno vuče ili potiskuje, odnosno, da se granik zakreće električnim pogonom. Nosivost okretnih granika iznosi  $100\cdots6000$  kg pri dosegu od  $2\cdots12$  m, pa teret proizvodi moment do  $80$  kNm. Takvi granici pretežno služe za smještaj pomoćnih naprava i strojnih dijelova na alatne strojeve i za njihovo skidanje poslije završene obradbe. Tako se znatno rasterećuju radionički mosni granici.

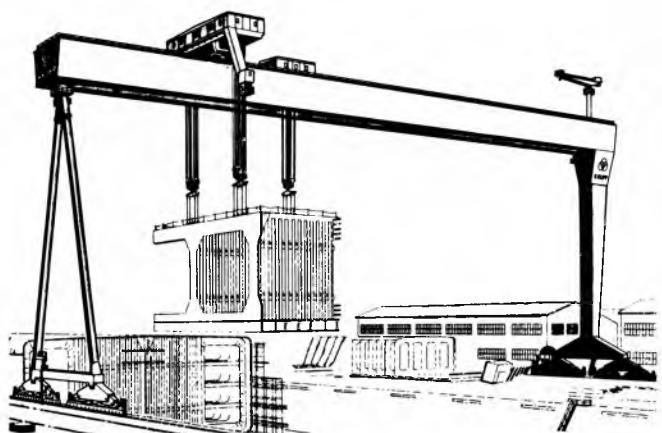


Sl. 18. Okretni stupni granici. a) okretni stupni granik opće primjene, b) okretni stupni granik za izmjenu alata i materijala na alatnim strojevima

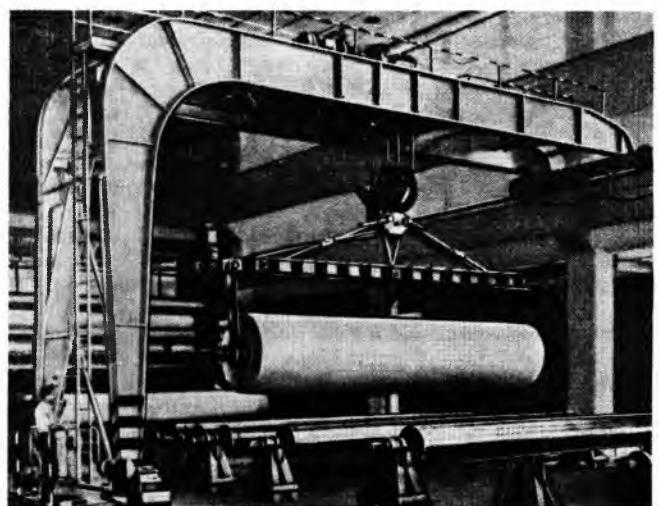
U pogonima u kojima postoji opasnost od eksplozije ili požara primjenjuju se okretni stupni granici s pogonom na komprimirani zrak. Nosivost takvih granika iznosi  $150\cdots20000$  kg.

**Portalni granici.** Granici kojima postolje ima oblik portala nazivaju se portalnim granicima. Most portalnih granika oslanja se na nogare postavljene na tračnicama položenima u ravnini zemlje (sl. 19). Portalni se granici grade i za kretanje po podu bez tračnica, ali i kao nepomični granici. Na postolju portalnih granika kreću se vitla različitih konstrukcija ili okretni granici (okretna vitla) (sl. 20). Ako nogari postoje samo s jedne strane mosta, a s druge strane je tračnica granika postavljena visoko kao za mosni granik, takvi se granici nazivaju poluportalnim granicima (sl. 21).

**Portalni granici s okretnim vitlom,** koje je zapravo okretni granik s krutim ili pomicnim dohvavnikom (sl. 20), grade se s jednostavnim i niskim nogarima. Ipak je most takva granika mnogo teži od mosta portalnog granika s običnim vitlom. Zbog velike mase mosta njegova brzina vožnje je malena i iznosi  $0,25\cdots0,5$  m/s. Veći se radni učinak postiže ako takav granik radi uz nepokretan most, tj. samo s okretnim vitlom. Također, zbog velike mase okretnog vitla ono ima manju brzinu vožnje od običnog vitla.



Sl. 19. Brodogradilišni portalni granik nosivosti 750 t i raspona 130 m (Krupp-Ardelt)



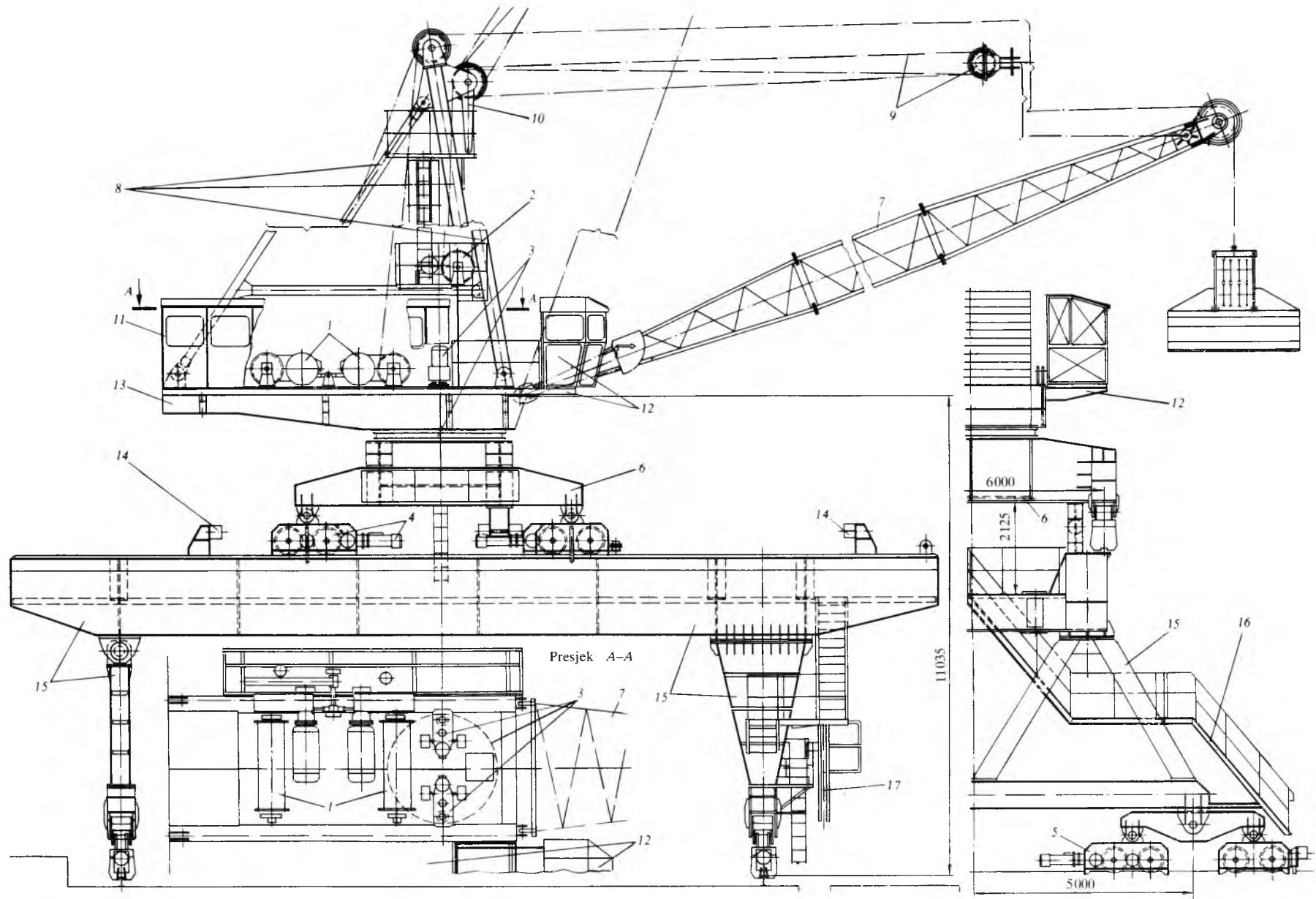
Sl. 21. Poluportalni granik

**Portalni granici s običnim vitlom** imaju most s jednim ili sa dva punostjena ili rešetkasta nosača. Postoje i mostovi kombinirane konstrukcije, a koja će se od izvedbi odabrati, ovisi uglavnom o nosivosti granika i o njegovu rasponu. Mostovi sa simetrično opterećenim jednim nosačem koji služe za prijenos komadne robe, grade se kao punostjeni nosači za raspone do  $\sim 25$  m i duljine mosta do  $\sim 40$  m. Za veće raspone, do  $\sim 40$  m, i veće duljine mosta upotrebljavaju se rešetkasti nosači, jer imaju manje plohe izložene vjetru. Mostovi s jednim nosačem uobičajene konstrukcije grade se za nosivost do  $16$  t i za vitlo koje se kreće po donjem pojusu nosača. Mostovi sa dva nosača i običnim vitlom s kukom ili zahvatačem imaju uglavnom veću nosivost. Mostovi s jednim kutijastim nosačem i kutnim vitlom dolaze u obzir i za veliku nosivost.

Most portalnih granika može se produžiti preko nogara pomoću prepusta s jedne ili s obje strane. Tada su nogari tako postavljeni da kroz njih može prolaziti vitlo (sl. 22).

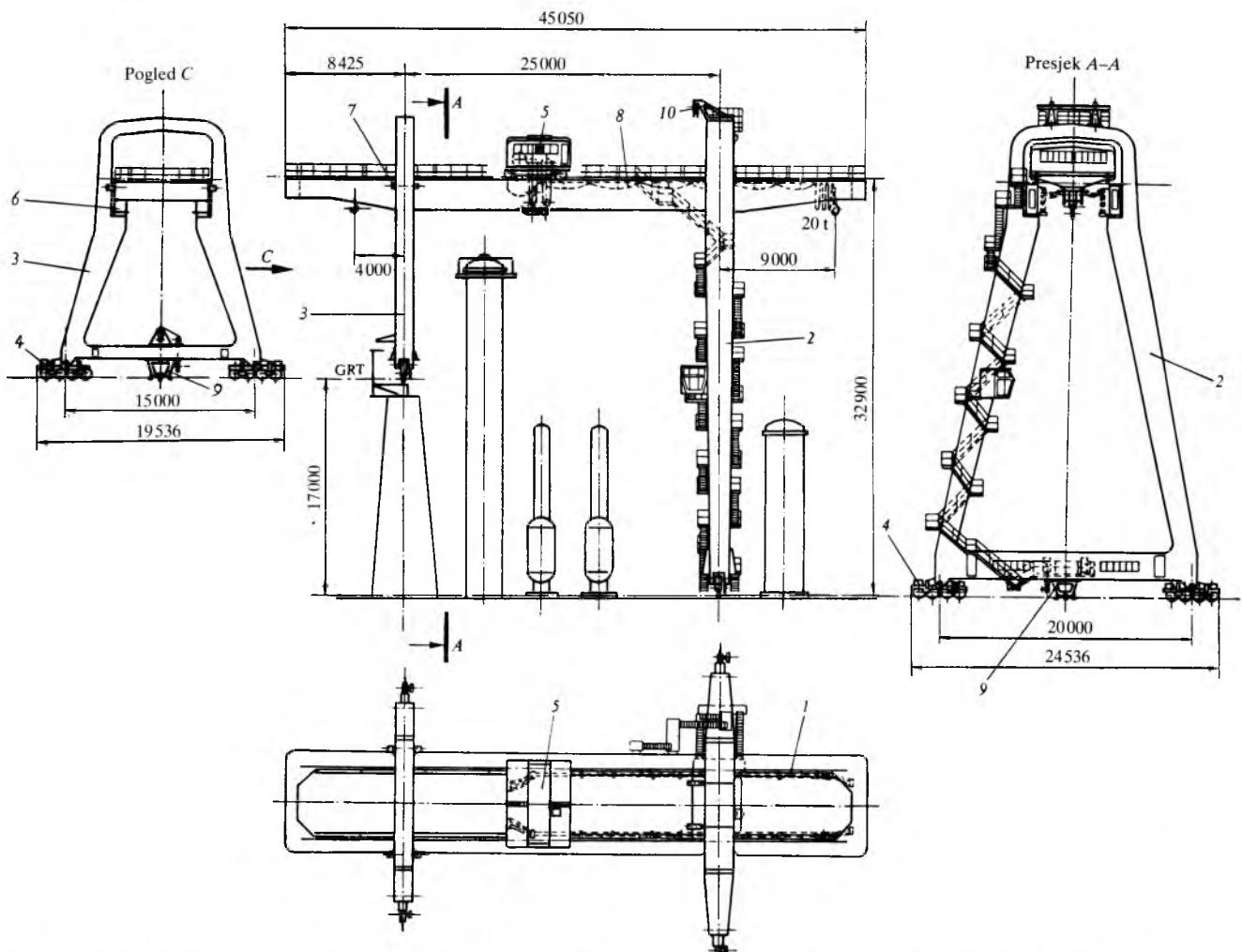
Razlikuju se portalni granici za montažne radove i portalni granici za premetanje robe.

**Brodogradilišni portalni granik** za nošenje velikih sekacija pri gradnji brodova, nosivosti  $750$  t, raspona  $130$  m i visine dizanja do  $80$  m, spada među velike portalne granike u svijetu (sl. 19). Njegova se dva vitla kreću po mostu sastavljenom od dva kutijasta nosača trapeznog oblika. Manje vitlo, tzv. vitlo za prekretanje, ima nosivost  $250$  t. Veće vitlo, ispod kojeg može prolaziti vitlo za prekretanje, ima dva međusobno neovisna mehanizma za dizanje, svaki nosivosti  $250$  t (sl. 23). Pomoću ta tri mehanizma dižu se, prenose i prekreću sekcije broda (sl. 24). Upravljačnica se nalazi na kraju  $10$  m dugačkog nosača pričvršćenoga na većem vitlu. Za pogon služe motori

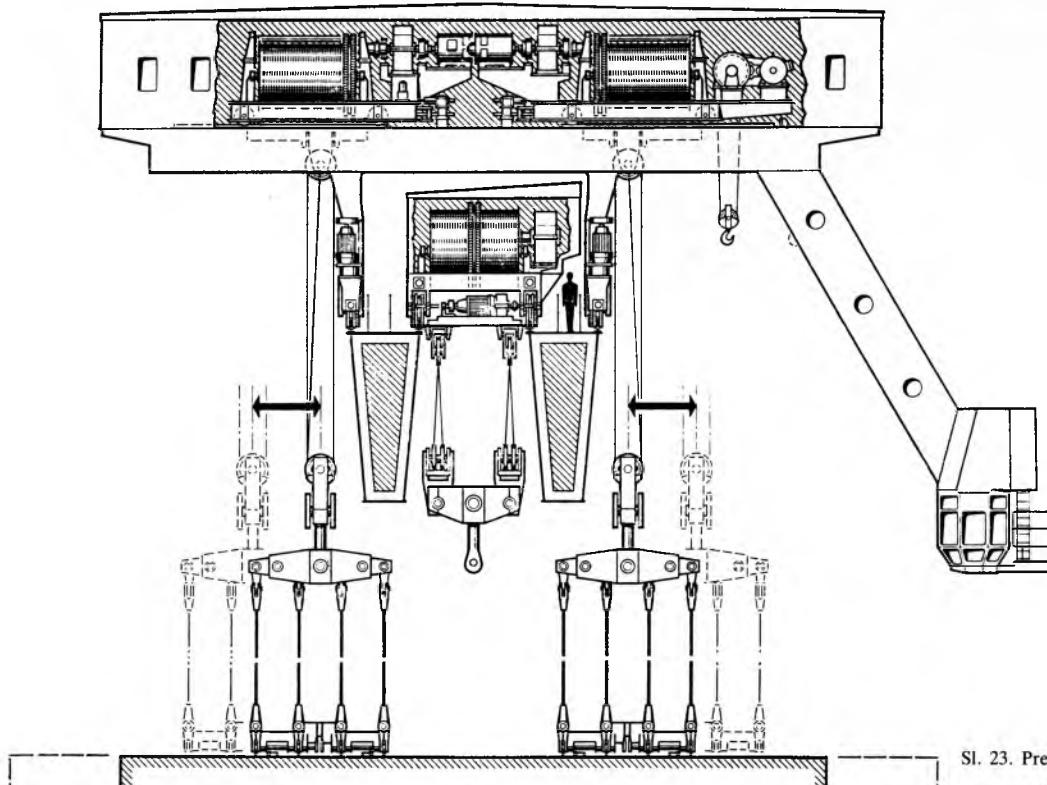


Sl. 20. Portalni granič s okretnim vitlom nosivosti 25 t uz doseg 16 m, a 13 t uz doseg 30 m (VEB Baumechanik, Barleben). 1 mehanizam za dizanje zahvatača, 2 mehanizam za uvlačenje dohvavnika, 3 mehanizam za okretanje, 4 mehanizam za vožnju vitla, 5 pogonski podvozak graniča, 6 donje postolje vitla s centralnim utegom, 7 dohvavnik, 8 A-držač, 9 uvlačni koloturnik, 10 osigurač momenta tereta, 11 uklopna kućica, 12 gornje postolje vitla s upravljačnicom, 13 protuteg, 14 graničnik, 15 portal s krutim i pomicnim nogarima, 16 nogostup, 17 pričvršćivač bubnja za električni kabel

## PRENOSILA I DIZALA

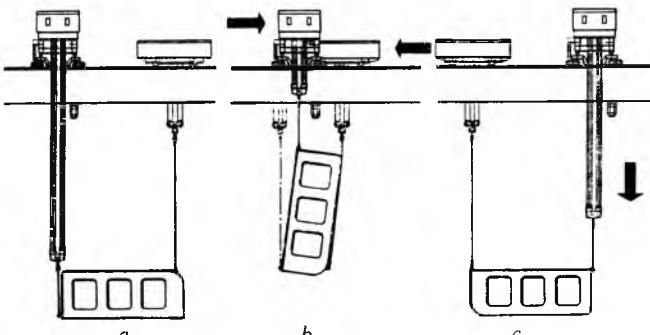


Sl. 22. Portalni granik 100/20 t, raspona 25 m (VEB Schwermaschinenbau-Kombinat Ernst Thälmann, Magdeburg). 1 most granika, 2 kruti nogari, 3 pomični nogari, 4 pogonski podvozak granika, 5 vitlo nosivosti 100/20 t, 6 ležište pomičnih nogara, 7 graničnik pomičnih nogara, 8 dovodni električni kabel za vitlo, 9 tračnična kliješta, 10 vitlo s čekrkom za popravke, GRT gornji rub tračnice. Nosivost je vitla na prepustu 20 t



Sl. 23. Presjek kroz brodogradilišni portalni granik (Krupp-Ardelt)

istosmjerne struje koji se mogu regulirati u vrlo širokom području, što omogućuje precizno postavljenje dijelova konstrukcije. Granik se kreće na 64 kotača promjera 900 mm. Mehaničko-električni uređaj sprečava da se pri vožnji granik upoprijeći. Najveći brodogradilišni portalni granici imaju nosivost 1500 t i visinu dizanja do 100 m.



Sl. 24. Prekretanje sekcije broda pomoću dva vitla

*Portalni granik za premetanje šljunka* izrađen od čeličnih cijevi prikazan je na sl. 25.

*Kontejnerski portalni granici* služe za pretovar kontejnera na kontejnerskim kolodvorima (sl. 26).

Posebne grupe među portalnim granicima čine pretovarni mostovi, brodski istovarivači i brodski utovarivači.

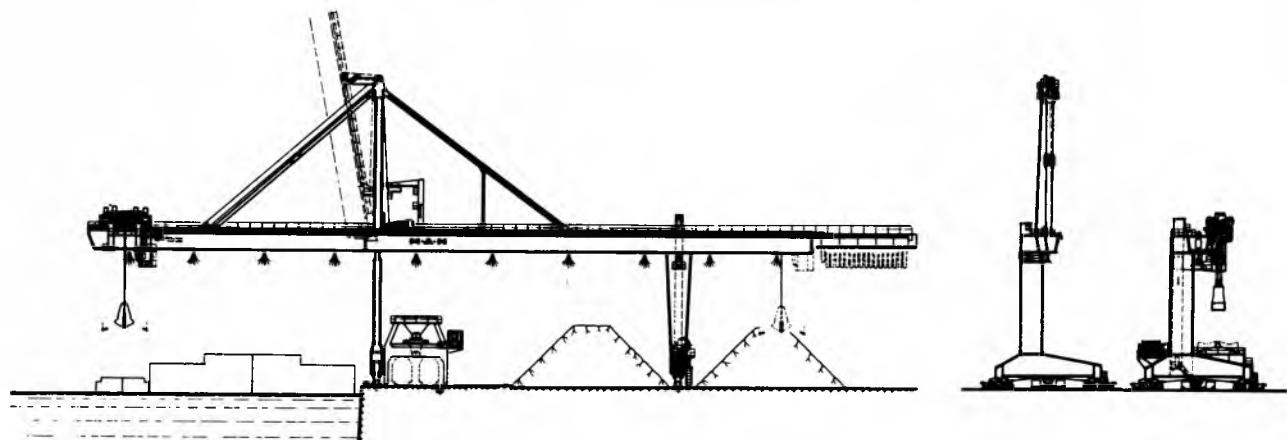
*Pretovarni mostovi* upotrebljavaju se za premetanje komadne robe, a mnogo češće za sipke terete. Glavno im je obilježje dugačak most, a često i veliki raspon, tako da premošćuju čitava skladišta zajedno sa željezničkim kolosijecima a u lukama sežu i iznad brodova (sl. 27). Drugo im je obilježje mala brzina vožnje granika, a velika brzina vožnje vitla, jer tokom rada radi samo vitlo, a most stoji. Brzina vitla pretovarnih mostova odabire se prema duljini graničkog mosta, pa je često veća od 2 m/s, a katkada i do 5 m/s. Brzina vožnje granika manja je od 0,5 m/s, a katkada i manja od 0,3 m/s. Tada takav granik gubi svojstvo pokretnog granika, jer mu je uzdužna vožnja (vožnja mosta) potrebna samo da zauzme određeni položaj i da na tom mjestu omogući rad vitla. Brzina dizanja iznosi do 2 m/s.



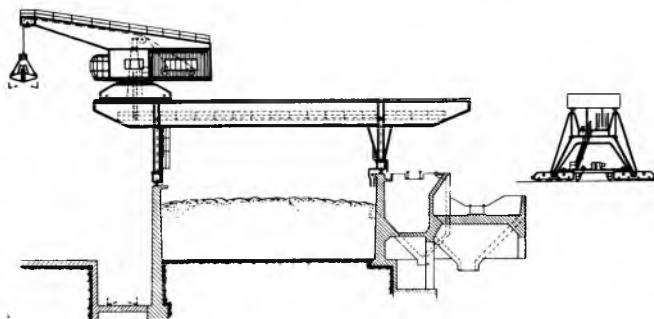
Sl. 25. Portalni granik za premetanje šljunka



Sl. 26. Kontejnerski portalni granik (Aumund, Rheinberg)



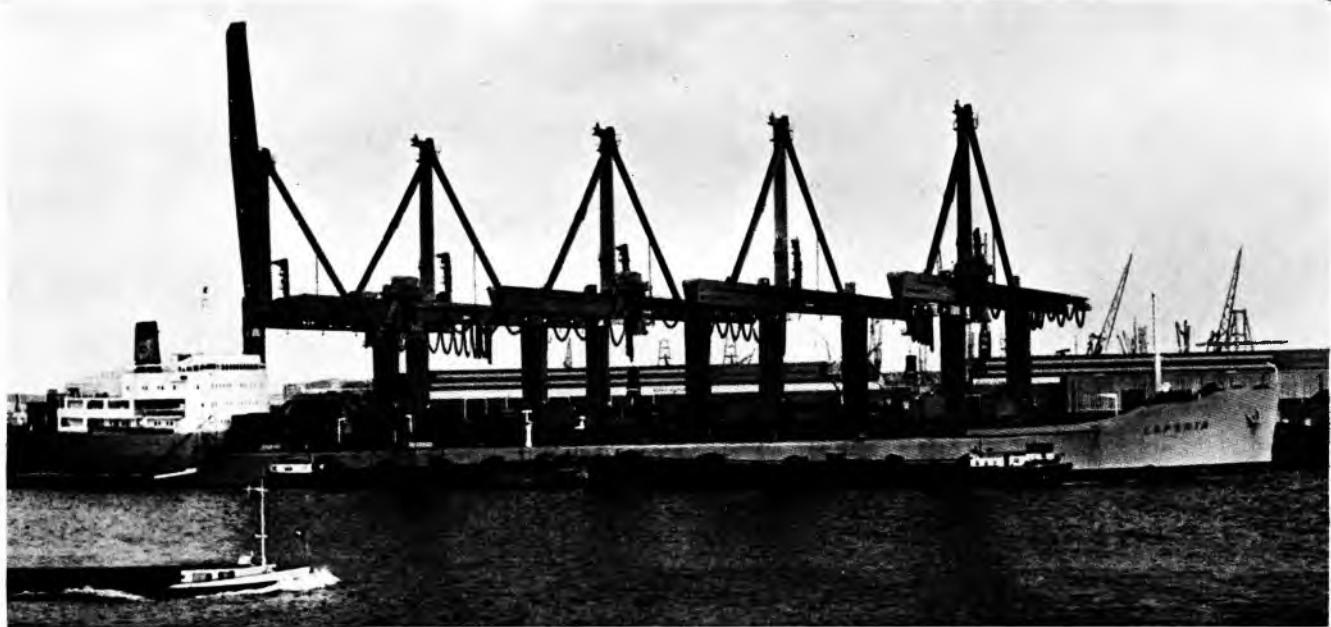
Sl. 27. Pretovarni most s mosnim nosačem i kutnim vitlom (MAN, Nürnberg)



Sl. 28. Pretovarni most s okretnim vitlom (okretnim granikom) (MAN, Nürnberg)

Budući da su pretovarni mostovi, a općenito i ostali portalni granici, pretežno smješteni na otvorenim prostorima, potrebno je da konstruktori i korisnici granika računaju s utjecajem vjetra. Da se zbog jakog vjetra pretovarni most ne bi pokrenuo, most se osigurava tračničkim klijesima, koja se mogu zatvarati ručno ili hidraulički. Postoje i potpuno automatizirana klijesta koja nakon svakog zaustavljanja granika ukliješte tračnicu, a automatski se otvore kad se ponovno uključi mehanizam za vožnju.

Što je veći raspon pretovarnih mostova i portalnih granika, to su važniji uređaji za kontrolu vožnje i za sprečavanje da se granik upoprijeći. Ta kontrola za portalne granike većih raspona ostvaruje se mjerjenjem prevaljenih putova, te kutova ili sila, pa kad se postigne određena granična vrijednost



Sl. 29. Pretovarni mostovi u luci (MAN)

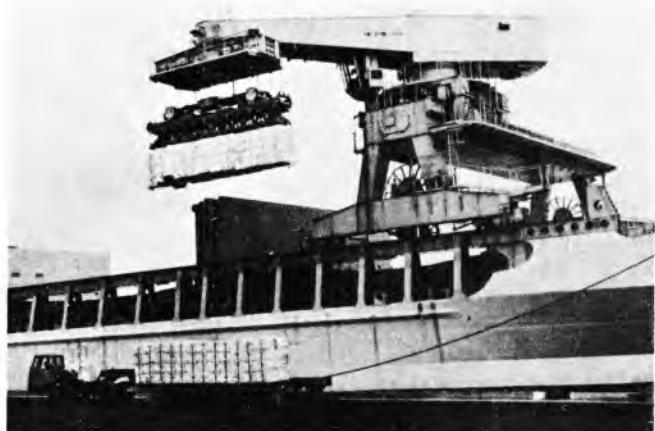
Pretovarni mostovi mogu imati obično vitlo, kutno vitlo (sl. 27) i okretno vitlo (sl. 28). Okretno vitlo može biti napravljeno kao okretni granik. Uobičajena je rešetkasta konstrukcija mosnih nosača pretovarnih mostova, ali ponekad se primjenjuju i kutijasti mosni nosači. Interesantna konstrukcija lučkog pretovarnog mosta s jednim nosačem i kutnim vitlom prikazana je na sl. 27. Da pri premještanju pretovarnog mosta s jednog tovarnog brodskog grotla na drugo prepust ne bi zapao za nadgrade visokih morskih brodova, prepust se toga pretovarnog mosta na strani vode može podići. Grupa lučkih pretovarnih mostova vidi se na sl. 29.

upopriječenog (kosog) položaja, isključuje se mehanizam za vožnju granika. U kosi položaj mogu dospijeti i portalni granici kojima pogonski kotači na objema stranama imaju istu brzinu vrtnje ako su promjeri kotača nejednaki, ili ako kotači posklizuju na tračnicama.

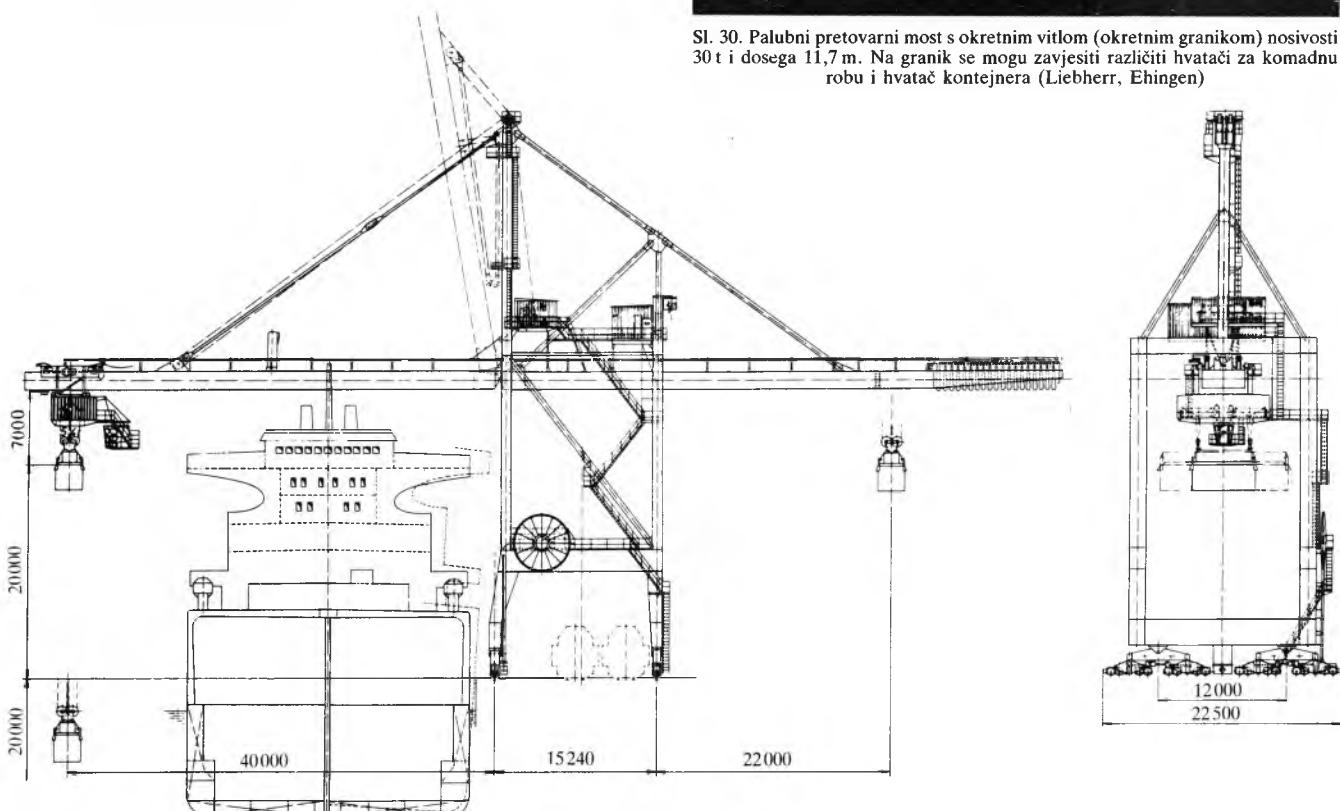
Veći protok u premetanju sipkog tereta može se postići ugradbom trakastog transporterata na koji pada sipina iz lijevka pričvršćenoga na nogarima pretovarnog mosta. Zahvatač granika tada bacu sipinu samo na lijevak, a materijal se prenosi transporterom, postavljenim uzduž mosta granika ili u smjeru vožnje granika.

Pretovarni mostovi mogu biti smješteni i na brodu kao palubni granici (sl. 30). Kreću se uzduž broda i mogu posluživati svako brodsko grotlo. Ako imaju hvatač kontejnera, onda su to jedna od vrsta kontejnerskih granika građenih za veliki kontejnerski pretovar u lukama. Druga vrsta kontejnerskih granika građenih u istu svrhu, tzv. *portejneri*, smješteni su na obali u lukama. Njihov prepust za podizanje seže iznad broda koji poslužuju (sl. 31). U specijalnoj izvedbi takvi se pretovarni mostovi mogu izgraditi i za rad sa zahvatačem ili magnetom. Za brzi pretovar u kontejnerskim lukama rade zajedno kontejnerski pretovarni mostovi (portejneri) i portalna nasložna kola (sl. 32).

Razvitak specijalnih postrojenja i naprava za prijenos kontejnera posljedica je brzog povećanja kontejnerskog transporta. Budući da se često pretovar ne može obaviti bez meduskladištenja, naprave za prijenos kontejnera trebaju



Sl. 30. Palubni pretovarni most s okretnim vratom (okretnim granikom) nosivosti 30 t i dosega 11,7 m. Na granik se mogu zavjesiti različiti hvatači za komadnu robu i hvatač kontejnera (Liebherr, Ehingen)



Sl. 31. Kontejnerski pretovarni most (portejner) nosivosti 52 t. Doseg je prepusta na vodenoj strani 40 m, a na kopnenoj 22 m; visina je dizanja 44,5 m (Kocks, Bremen)



Sl. 32. Kontejnerski pretovarni mostovi (portejneri) i portalna nasložna kola za brzi pretovar kontejnera u kontejnerskoj luci (Peiner)

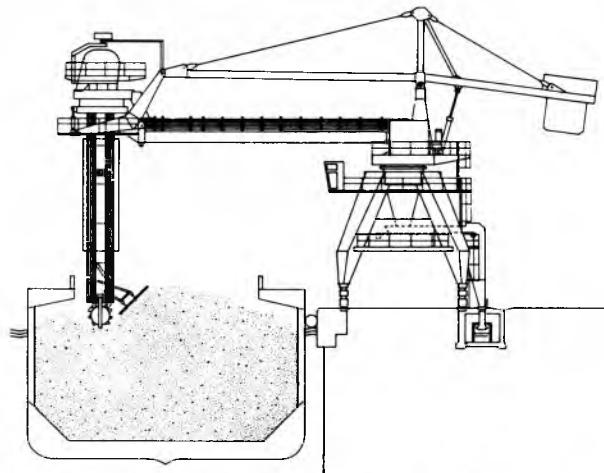
posluživati i skladišta, gdje se i do tri kontejnera slažu jedan na drugi. Naprave za prijenos kontejnera mogu se razvrstati u nekoliko velikih skupina. U prvoj su skupini vozila koja se slobodno kreću po terenu, najčešće pokretana Dieselovim motorom. Među takva vozila spadaju i portalna nasložna kola prikazana na sl. 32. U drugoj su skupini kontejnerski portalni granici s prepustom ili bez njega (sl. 26), koji se kreću po tračnicama. Za pretovar u prekomorskim lukama najprikladnija je treća velika skupina naprava za prijenos, a to su portejneri (kontejnerski pretovorni mostovi), koji se kreću po tračnicama i najčešće imaju prepust koji se može podizati (sl. 31). Ako površina što je nadvoze portejneri nije dovoljno velika da služi i kao skladišna površina, tada portejneri rade zajednički s vozilima koja nisu vezana za tračnice, kao što su npr. portalna nasložna kola. Ta vozila odlažu kontejnere na nekoj susjednoj površini, a kasnije ih dovoze na skladišni prostor što ga pokrivaju portejneri.

**Brodski istovarivači i brodski utovarivači.** Da bi se smanjili troškovi prijevoza sipkih materijala, uglavnom rudače i ugljena, grade se veliki prekoceanski brodovi za rasuti teret, nosivosti  $\sim 150\,000$  t i više. Za ekonomično iskorištenje tih brodova veoma je važno da se teret što brže utovari i istovari. To se može postići napravama za prijenos namijenjenima samo za istovar ili samo za utovar, a to su brodski istovarivači i brodski utovarivači.

**Brodski istovarivači** (sl. 33) konstrukcijski su učinjeni iz pretovarnih mostova tako da su im nogari toliko zbljeni da ne premošćuju čitava skladišta. Zahvatač brodskog istovarivača zahvata sipki teret iz brodskog skladišta i prenosi ga na trakasti transporter kojim se teret dalje prevozi u skladište, u vagon i sl. Nosivost brodskih istovarivača sa zahvatačem iznosi 30 t, pa čak i do 50 t. Brzina je vožnje vitla do 3,5 m/s, a brzine dizanja do 2,5 m/s. Prepust brodskih istovarivača

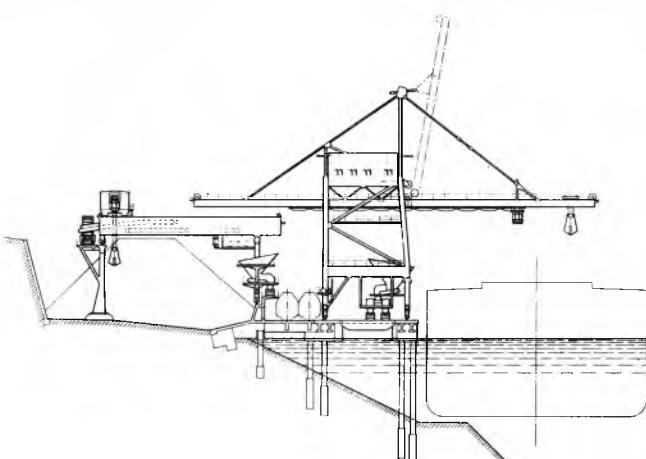
može se podizati. Za kapacitete premetanja od 1000 t/h i više grade se brodski istovarivači koji imaju lagano vitlo sa zahvatačem. Primjenom vitla koje se povlači pomoću čeličnih užeta (sl. 34), u posljednje se vrijeme povećao kapacitet brodskih istovarivača (doseže i do 2000 t/h), jer se laganim vitlima lako ostvaruju velike brzine, ubrzavanja i usporena.

Kapacitet brodskih istovarivača uvelike zaostaje za kapacitetom brodskih utovarivača, koji iznosi do 10000 t/h. Toliki kapacitet ne može se postići ni brodskim istovarivačima sa zahvatačem, a ni istovarivačem koji materijal zahvaća lopatičnim kolom i prenosi ga vertikalnim elevatorom i transporterom do lijevka trakastog transporterera (sl. 35). Jedna je od tehničkih mogućnosti da se poveća kapacitet brodskih istovarivača transportiranje sipkog materijala u velikim kontejnerima. Okrugle posude koje bi sadržale  $\sim 800$  t sipkog materijala transportirale bi se velikim brodovima, a istovarivale bi se i praznile pomoći portalnih granika kakvi se sada upotrebljavaju za montažu sekcija u brodogradilištima. Tako bi se postigao kapacitet istovara od  $\sim 7000$  t/h, ali prema današnjem stanju, s obzirom na ekonomičnost, brodski istovarivači sa zahvatačem ostaju jedina mogućnost.

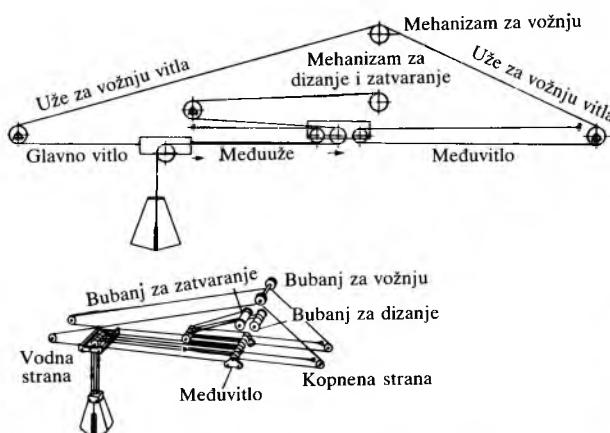


Sl. 35. Brodski istovarivač za kapacitet istovara 500 do 5000 t/h

**Brodski utovarivači** obično imaju u osnovi jednaku čeličnu konstrukciju kao i brodski istovarivači, ali umjesto vitla sa zahvatačem ugrađen je u prepustu ili izložniku trakasti transporter s kojega sipki teret pada na brod. Za teret koji se pri velikom padu lomi ili razvija prašinu stavlju se na kraju prepusta naprave za usporeno spuštanje tereta. To mogu biti teleskopske cijevi, ravni ili zavojiti žljebovi (sl. 36),



Sl. 33. Brodski istovarivač nosivosti 16 t sa skladišnim granikom u luci za sipke terete u Bakru



Sl. 34. Česti način povlačenja kod vitla s čeličnim užetima na brodskim istovarivačima



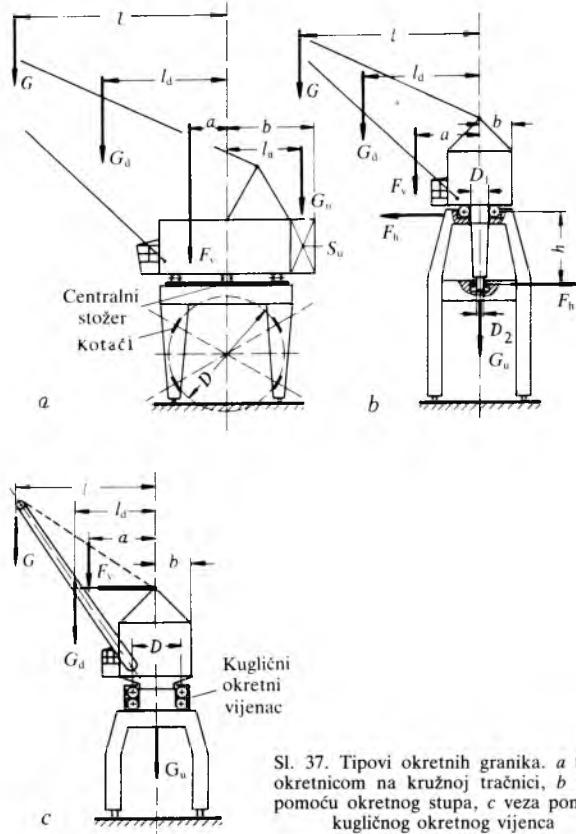
Sl. 36. Brodski utovarivač s teleskopskim trakastim transporterom u izložniku za utovar kamenog ugljena. Kapacitet je jednog utovarivača 2250 t/h (PHB)

a za teret koji se haba transporter s vedricama. Da bi se u velikim brodskim prostorima teret jednoliko raspodijelio, na kraju naprava za spuštanje smješteni su kratki horizontalni trakasti transporteri, tzv. odlagači, ili se upotrebljavaju pomicne naprave za spuštanje.

U velikim se lukama rudača dobavljeni iz rudnika često mora skladištiti. Pri utovaru brodova s lučkog skladišta rudaču uzimaju utovarivači s lopatičnim kolom i dodaju je velikom trakastom transporteru s kojega se rudača preko brodskih utovarivača kontinuirano sipa na brod. Takva kombinacija naprava omogućuje da se dostigne bez tehničkih teškoća kapacitet utovara od 10000 t/h, no gornja granica još nije dostignuta. Utovar broda nosivosti 240000 t takvim načinom traje svega 25 sati.

**Okretni granici** mogu se okretati oko svoje vertikalne srednje osi. Istureni je dohvativnik karakteristični dio tih granika. Okretni se granici grade u veoma mnogo različitih oblika. Velike grupe tih granika čine lučki i brodogradilišni granici, građevinski granici, vozni granici i ploveći granici. Različiti tipovi okretnih granika najbolje se razlikuju i uspoređuju prema karakterističnim dijelovima, a to su okretni dohvativnici, mehanizam za okretanje i donje postolje.

**Okretni dohvativnici.** Okretni dio granika može biti vezan s donjim postoljem pomoću okretnice s kružnom tračnicom (sl. 37a), pomoću okretnog stupa koji je oslonjen u donjem postolju (sl. 37b), ili čvrstog stupa na kojemu se okreće okretni dio granika (zvonasti spoj, sl. 59a), te pomoću kugličnog okretnog vijenca (sl. 37c).

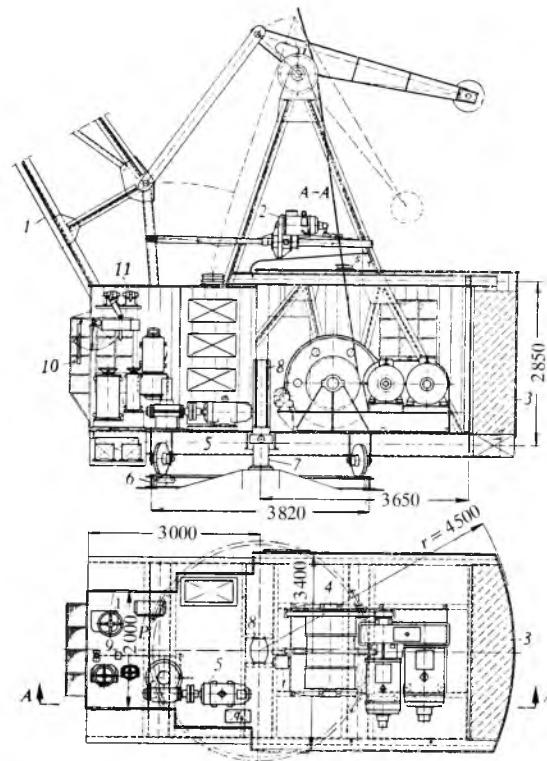


Sl. 37. Tipovi okretnih granika. a tip s okretnicom na kružnoj tračnici, b veza pomoću okretnog stupa, c veza pomoću kugličnog okretnog vijenca

Gornji dio granika s okretnicom oslanja se preko kotača ili valjaka na kružnu tračnicu pričvršćenu na donjem postolju granika. Centralni stožer služi za prihvatanje horizontalnih sila. Da protumača za izjednačenje vlastite i korisne mase ne bi bila prevelika, pogonski se mehanizmi smještaju na protivnu stranu od dohvativnika i u većoj udaljenosti od osi okretanja. Zato su granici s okretnicom široki i niski (sl. 38), pa ih zbog neprikladnih dimenzija polako istiskuju drugi tipovi okretnih granika.

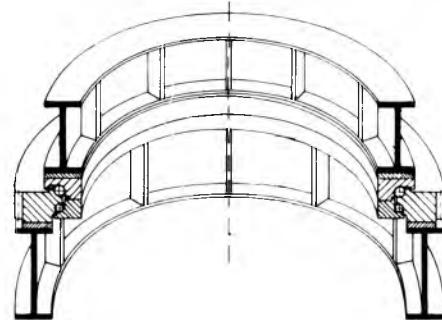
Granik s okretnim stupom uzak je i relativno visok, jer udaljenost  $h$  (sl. 37b) između donjeg potpornog ležaja i

gornjega vratnog ležišta ne smije biti malena. Zvonasti spoj (sl. 59a) prikladan je za teške granike većih nosivosti.



Sl. 38. Okretni granik oslonjen na kružnu tračnicu okretnice (DEMAG). 1 dohvativnik, 2 mehanizam za uvlačenje dohvativnika, 3 protuteg, 4 mehanizam za dizanje zahvatača, 5 mehanizam za okretanje, 6 kružna tračnica okretnice s ozubljenim vijencem, 7 centralni stožer, 8 nosač kliznih prstena, 9 pedal kočnice okretanja, 10 pokazivač dosega dohvativnika, 11 granični prekidač kretanja dohvativnika

Okretni granici manje i srednje nosivosti najčešće imaju kuglični okretni vijenac. To je zapravo dvoredni ili višeredni veliki valjni ležaj promjera 0,8–3 m. Da se okretni vijenci ne bi izvitoperili, moraju se veoma kruto uležištiti (sl. 39). Budući da oni mogu prenositi i momente tereta, tj. osiguravaju granik od prekretanja, može se smanjiti širina i visina granika. Kuglični okretni vijenac najčešće imaju laki lučki granici, vozni granici i bageri. Granici velike nosivosti i ploveći granici grade se s okretnim stupom i s okretnicom.



Sl. 39. Ugradba kugličnog okretnog vijenca između gornjega i donjeg dijela granika na ukrućenim prstima

**Dohvatnici.** Postoje granici s nepomičnim i granici s pomičnim dohvativnikom. Razlikuju se granici s pomičnim dohvativnikom kojima se doseg dohvativnika mijenja kad na graniku nema tereta i granici kojima se doseg dohvativnika mijenja za vrijeme rada granika, tj. sa zavješenim teretom (*granici s uvlačnim dohvativnikom*).

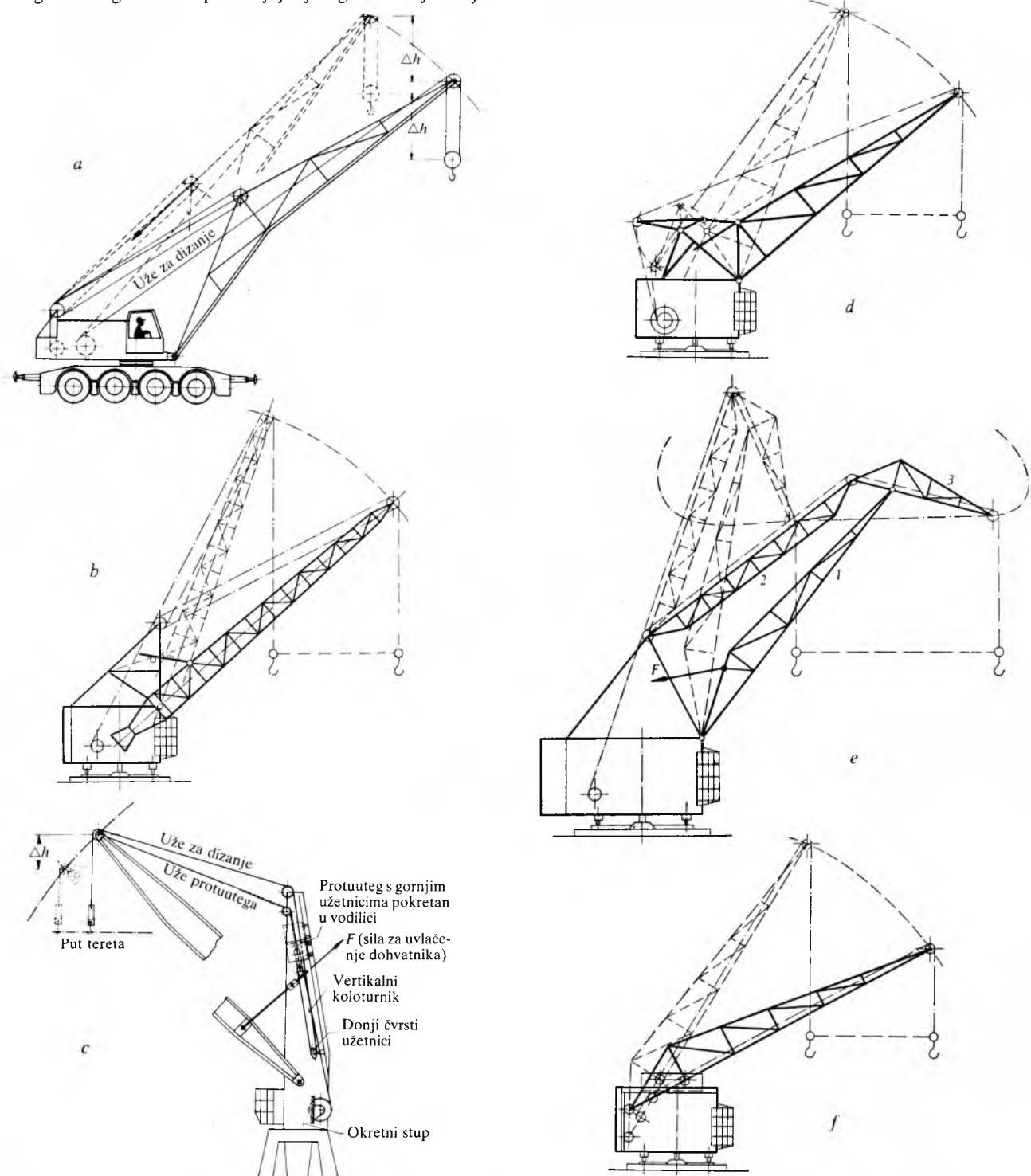
Područje rada granika s nepomičnim dohvativnikom teoretski je samo kružnica polumjera jednakog dosegu granika. Područje rada granika s pomičnim dohvativnicima povećava se

na prstenastu kružnu plohu između kružnice najvećeg i kružnice najmanjeg dosega.

Granici s nepomičnim dohvativnikom ili dohvativnikom kojemu se doseg može mijenjati samo kada je granik bez tereta nisu prikladni za lučki pretovar, jer zbog velike kružnice dosega trebaju mnogo prostora i ne mogu raditi jedan blizu drugoga. Velika gustoća pretovara na lučkim obalama zahtjeva granice koji mogu raditi jedan blizu drugoga, tako da i tri granice mogu biti uposlena na istom brodskom grotlu. Na obalama za pretovar komadne robe treba smjestiti gotovo na svakih 18–25 m po jedan granik, a na obalama za pretovar rasutog tereta granice se postavljaju još gušće. Taj zahtjev

zadovoljavaju granice koji u svakom radnom ciklusu uvlače dohvativnik (granice s uvlačnim dohvativnikom). Pomični dohvativnik mora biti tako konstruiran da se teret kreće po mogućnosti vodoravno kad se dohvativnik uvlači ili izvlači, te da je vlastita težina dohvativnika po mogućnosti potpuno izbalansirana.

Pogonski uređaj granica prikazanog na sl. 40a mora pri uvlačenju dohvativnika svladati težinu dohvativnika i težinu tereta, pa ta konstrukcija ne ispunjava spomenute zahtjeve. Zahtjev da se teret pri pomicanju dohvativnika giba vodoravno i da je težina dohvativnika izbalansirana protutegom znači da *pogonski mehanizam za pomicanje dohvativnika* mora svladati



Sl. 40. Konstrukcijska rješenja granika s pomičnim dohvativnikom. a pri uvlačenju dohvativnika pogonski uređaj mora svladati težinu dohvativnika i težinu tereta, b užetnici užeta za dizanje tereta smješteni na upravljačnici i na vrhu dohvativnika, c stupni okretni granik sa sabirnikom vezan sa dohvativnikom, d užetnik na kraju okretne vodilice vezan spojnicom za dohvativnik, e člankasti dohvativnik (I tlačni članak, 2 vlačni članak, 3 vršni članak), f za vrijeme uvlačenja dohvativnika teretno vilo ispušta uže i održava teret na istoj visini

pri uvlačenju dohvavnika samo trenje u zglobovima. Takve se idealne prilike u stvarnosti ne postižu.

Brzim razvitkom granika s uvlačnim dohvavnicima ostvareno je u posljednjih nekoliko desetljeća mnogo različitih konstrukcija. One se mogu razvrstati u tri grupe: 1) konstrukcije kojima se kraj dohvavnika kreće po kružnici (sl. 40b...40d), 2) konstrukcije kojima se kraj dohvavnika kreće približno po horizontali (sl. 40e) i 3) konstrukcije kojima se kraj dohvavnika kreće po nekoj drugoj krivulji, npr. po elipsi (sl. 40f).

Pri pomicanju dohvavnika pojedine konstrukcije omogućuju vodoravno gibanje tereta na jedan od sljedećih načina:

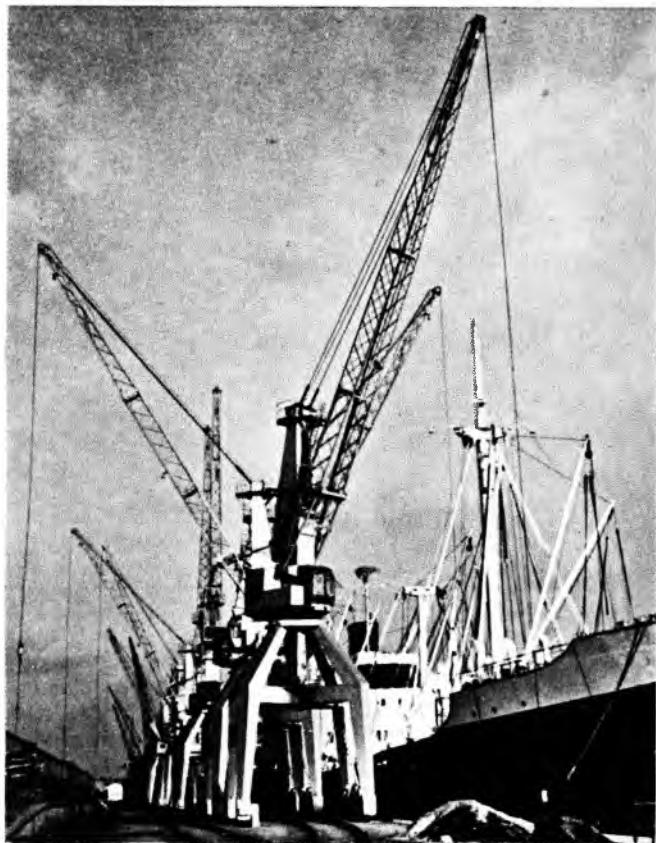
a) Za vrijeme uvlačenja dohvavnika bubenj se za dizanje okreće tako da se uže odvija (konstrukcija na sl. 40f).

b) Uže za dizanje tereta vodi se preko užetnika smještenih na konstrukciji upravljačice i na vrhu dohvavnika, tako da djeluju kao koloturnik (sl. 40b). Pri uvlačenju dohvavnika taj se koloturnik skraćuje i oslobada toliku duljinu užeta da teret ostaje na istoj visini, iako bubenj za dizanje miruje. Kad je koloturnik vertikalno smješten (tzv. sabirnik užeta), donji je užetnik nepomičan, a gornji je pomičan (sl. 40c). Pri uvlačenju dohvavnika spušta se protuteg i na njemu pričvršćeni gornji užetnik koloturnika. Tako se osloboda toliko užeta da se nadoknadi vertikalni podizaj vrha dohvavnika  $\Delta h$ . Pri dobro raspoređenim užetnicima postiže se gotovo horizontalno kretanje tereta.

c) Uže za dizanje tereta prelazi preko užetnika smještenoga na kraju okretnog vodilice koja je spojnicom vezana za dohvavnik (sl. 40d). Pri uvlačenju dohvavnika taj se užetnik približava dohvavniku i tako duljina slobodnovisećeg dijela užeta postaje veća, a teret obješen na kuki giba se horizontalno.

d) Člankastim dohvavnikom (sl. 40e) postiže se kretanje kraja dohvavnika približno po horizontali.

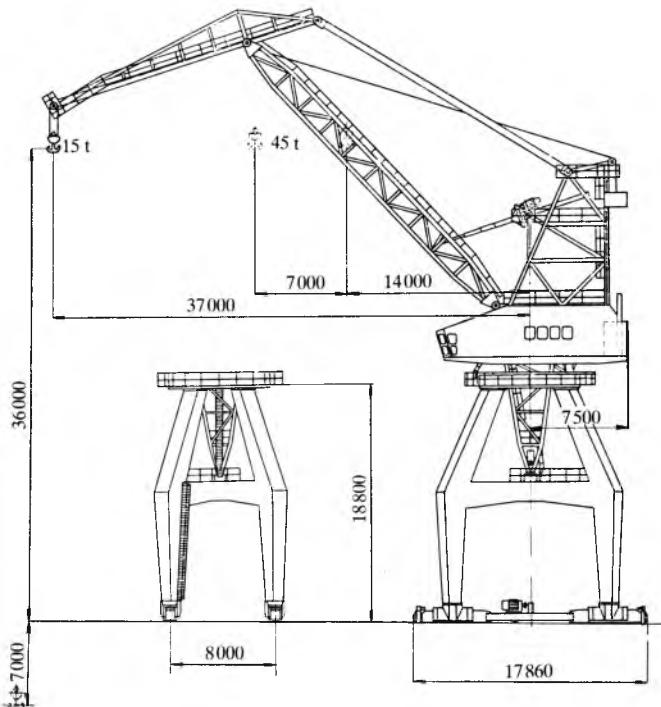
Svi granici kojima se kraj dohvavnika giba po kružnici ili elipsi imaju pri uvučenom položaju dohvavnika veliku duljinu slobodnovisećeg dijela užeta za dizanje tereta, pa se obješeni teret lako zanjiše, što je nedostatak takve vrste granika. Taj



Sl. 41. Lučki stupni okretni granici s portalom na četiri noge nosivosti 3 t i dosega 25 m (MAN)

nedostatak nemaju granici kojima se kraj dohvavnika giba približno po horizontali, tj. granici s člankastim dohvavnikom. Pri pomicanju člankastih dohvavnika slobodna duljina užeta ostaje jednaka, što omogućuje da se bez ikakvih teškoća između kraja dohvavnika i kuke uključi koloturnik. Koloturnici se mogu odabratи s velikim prijenosom, pa se granici s člankastim dohvavnikom mogu graditi i za veliku nosivost. Budući da se ovješeni teret kreće horizontalno, nije potreban nikakav sabirnik užeta, pa su zbog toga člankasti dohvavnici prikladni za pogone s više užeta, kao npr. za pogon zahvatačem. Nedostaci granika s člankastim dohvavnikom jesu: komplikirana konstrukcija s mnogo dijelova dohvavnika, te veća vlastita težina nego u granika s jednostrukim dohvavnikom.

*Donje postolje okretnih granika* često se gradi kao portal sa četiri ili dvije noge, ili kao poluportal sa tri noge. Takvi portalni premošćuju željezničke pruge ili neke druge transportne putove (sl. 41 i 42). Takvi se granici nazivaju portalnim, odnosno poluportalnim okretnim granicima i često se upotrebljavaju u lukama i brodogradilištima. Okretni granici mogu se graditi i kao nepomični na čvrstom temelju (npr. stacionarni kolodvorski granici), a mogu imati donje postolje građeno kao pokretni vagonet.



Sl. 42. Brodogradilišni okretni granik s člankastim dohvavnikom nosivosti 45/15 t, dosega 14...21/37 m i maksimalne visine dizanja 36 m iznad pruge (Metalna, Maribor)

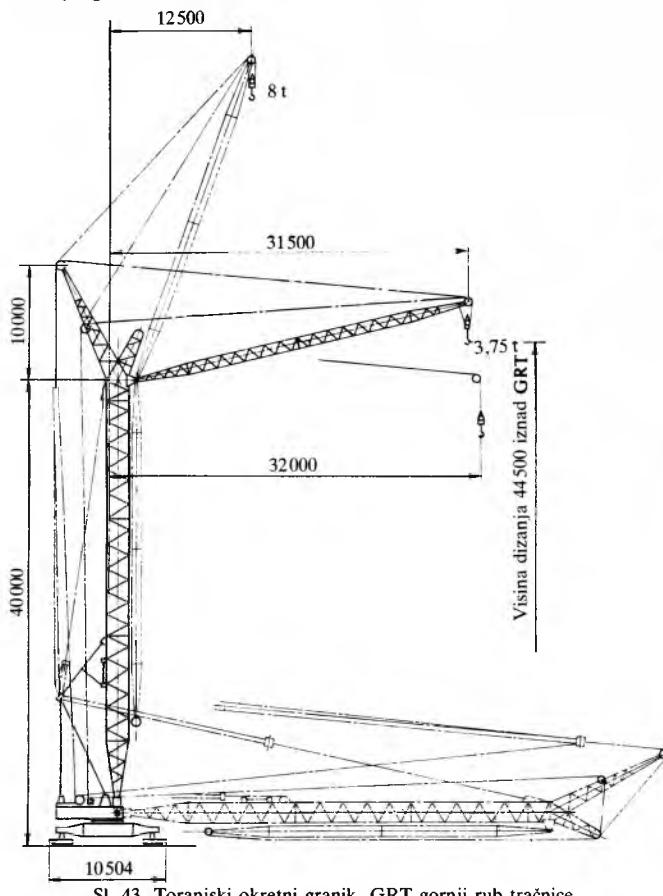
Nosivost lučkih okretnih granika najčešće iznosi 2...8 t, a maksimalni je doseg 20...40 m. Brzina je vožnje granika malena, ~0,4 m/s, jer služi samo za premještanje granika s jednog brodskog grotla na drugo. Za dimenzioniranje granika s dohvavnikom, osim *sile dizanja*  $G = mg$ , važna je i *vrijednost momenta tereta*  $M = Gl$  (proizvod sile dizanja i kraka  $l$  do vertikalne osi okretanja, sl. 37) jer taj moment ima presudan utjecaj na stabilnost granika. Zbog toga se za okretnе granike uvijek uz nosivost navodi i doseg dohvavnika za koji je moguća ta nosivost.

Za nosivost od 3 t i doseg od 25 m lučki granik s okretnicom i člankastim dohvavnikom ima masu čelične konstrukcije bez protutegu ~80 t, dok je masa stupnog okretnog granika jednakih karakteristika mnogo manja, svega ~35 t.

**Gradevinski granici.** Zahtjevi koje moraju ispunjavati gradevinski granici jesu: brza montaža i demontaža bez upotrebe posebnih naprava; jednostavan transport; mali

zahtjev što se tiče kvalitete pruga granika, koje se uvijek provizorno postavljaju. Obično se razlikuju četiri osnovne vrste građevinskih granika: toranjski, vozni, portalni i kabelni građevinski granici.

*Toranjski okretni granici* imaju visok, vitak toranj s dohvativnikom na gornjem dijelu (sl. 43). I toranj i dohvativnik najčešće su rešetkaste konstrukcije, da bi granik bio što lakši i da bi se smanjilo djelovanje vjetra. Kao postolje granika služi vagonet koji se kreće po tračnicama. Toranj je postavljen na vagonet tako da se može okretati ili da je nepomičan. Sva osiguranja s obzirom na preopterećenje i prevrtanje granika moraju biti osobito pomno učinjena. Radi dobre vidljivosti upravljačnica je smještena visoko na tornju granika. Konstrukcija toranjskog granika mora biti takva da se granik vlastitim snagom lako postavi, lako demontira i prikladno složi za transport po javnim putovima. Toranjski okretni granici prilagođeni su suvremenom načinu gradnje velikih zgrada, pa zato imaju veliku visinu dizanja i veliki doseg. Nosivost obično iznosi 1...8 t, a doseže i do 50 t; uobičajeni doseg 10...40 m, a može biti i 60 m; moment je tereta 80...1000 kNm, iznimno i do 10000 kNm; visina je dizanja 20...60, čak i do 100 m; brzina je dizanja 0,3...1 m/s, a brzina vožnje granika 0,2...0,6 m/s.

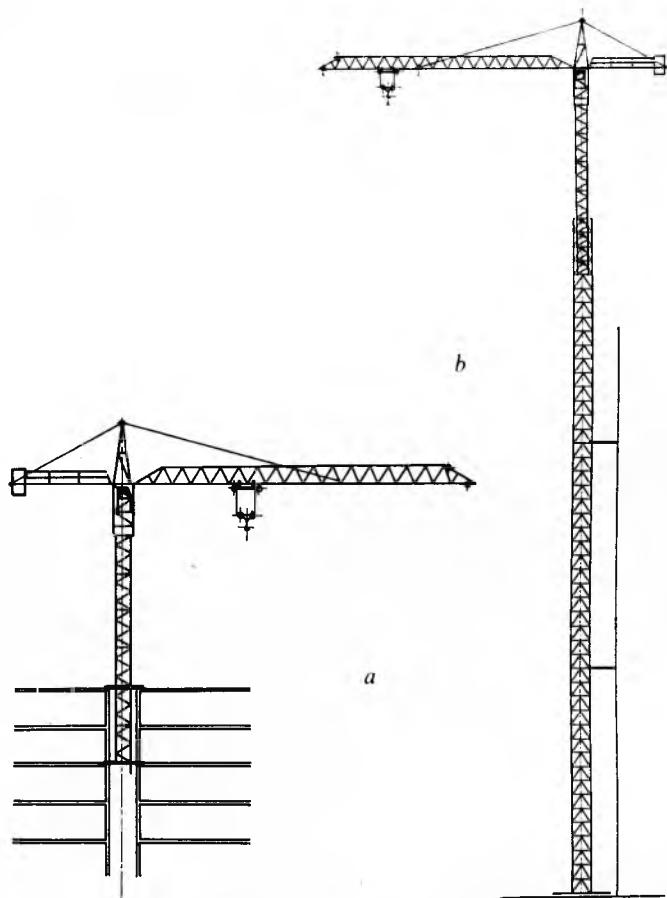


Sl. 43. Toranjski okretni granik. GRT gornji rub tračnice

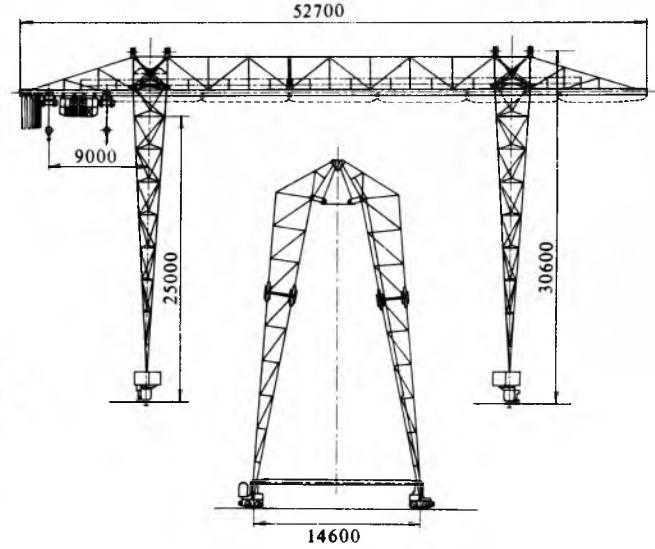
Za gradnju vrlo visokih zgrada upotrebljavaju se *granici penjači*. To su specijalne izvedbe toranjskih granika opremljenih mehanizmom za vlastito podizanje. Smješteni su unutar zgrade, obično u prostoru za dizalo (sl. 44a), ili su na betonskom temelju postavljeni izvan zgrade. Vanjski toranjski granici pričvršćen je tada za vanjski zid zgrade (sl. 44b).

*Gradičevinski portalni granici* (sl. 45) imaju male zahtjeve s obzirom na kvalitetu pruge granika i podnose manje netočnosti u smjeru i visini pruge. Dimenzije su granika određene dimenzijama građevine koja mora biti čitava unutar portala granika. Nosivost tih granika može biti malena, ali i do 50 t.

Da ne bi trebalo uvijek graditi prugu granika, upotrebljavaju se, tamo gdje je to moguće, toranjski okretni granici



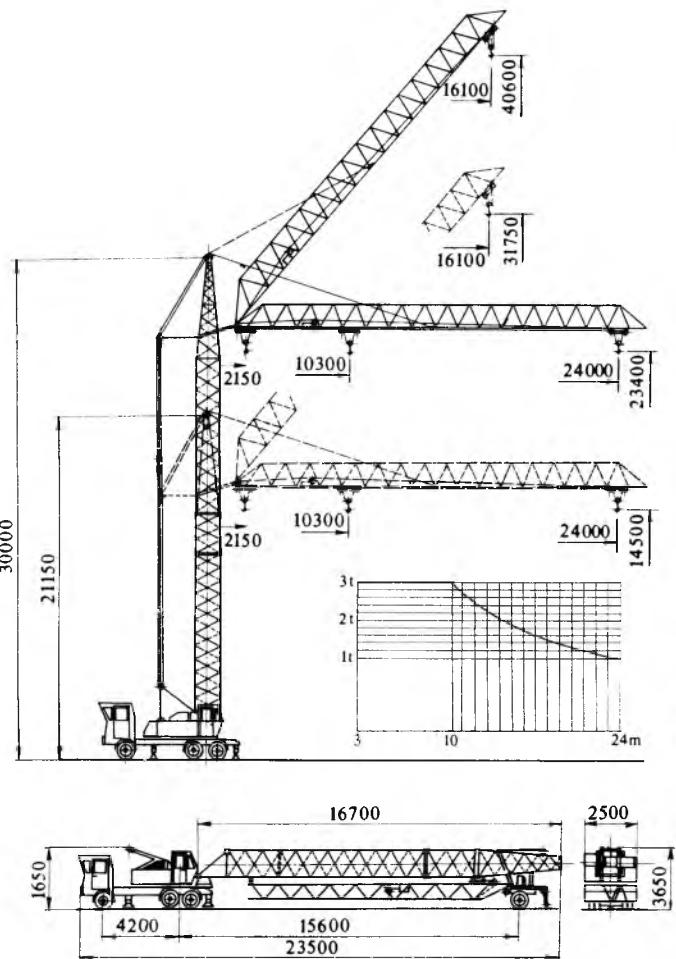
Sl. 44. Granik penjač. a smješten u prostoru za dizalo zgrade, b pričvršćen uz vanjski zid zgrade



Sl. 45. Građevinski portalni granik nosivosti 2 × 5 t

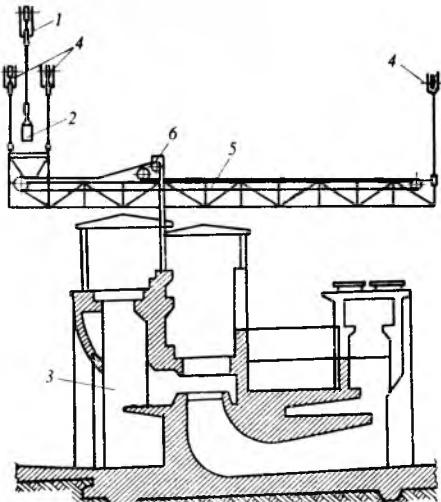
postavljeni na cestovno vozilo. To su *cestovni toranjski okretni granici* (sl. 46). Granici nosivosti do 1000 kg na dosegu 8 m ili 500 kg na dosegu 15 m, s maksimalnim momentom tereta od 80 kNm, ugraduju se na kamione normalne izvedbe, a oni veće nosivosti, kojima moment tereta seže i do 800 kNm, na kamione pojačane izvedbe. Najčešće se upotrebljavaju cestovni toranjski okretni granici srednje nosivosti.

*Gradičevinski kabelni granici* imaju nosivost 5...10 t, iznimno do 20 t, a raspon im je 600...800 m, pa i više. Mogu posluživati gradilišta velikih duljina, širina i dubina, kao npr. gradilište brane za hidroelektranu, a da pri tom ne ometaju ostali transport. Takvim se granicima donosi uglavnom betonska smjesa. Ako je ta smjesa gušća, ona se mora prilično točno



Sl. 46. Cestovni toranjski okretni granik srednje nosivosti

ubacivati na određeno mjesto građevine. U tu svrhu služi trakasti razdjeljivač (sl. 47) ovješen na dva kabelna granika, ali razdjeljivač može biti konstruiran i na neki drugi način. Do razdjeljivača betonska se smjesa donosi posudom koja visi na vratu drugoga kabelnog granika.



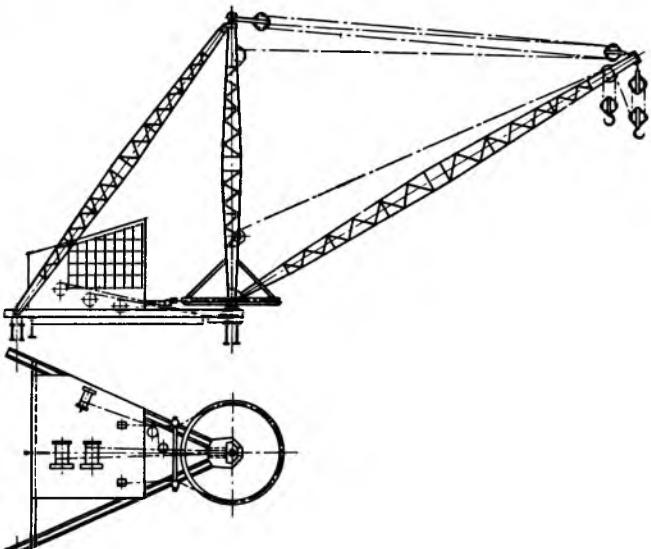
Sl. 47. Razmještaj građevinskih kabelnih granika pri betoniranju hidrocentralne. 1 vitlo s posudom, 2 i 3 zgrada koja se betonira, 4 nosiva užeta kabelnih granika koja nose trakasti razdjeljivač, 5 i 6 pokretni istovarivač

**Derik-granici** služe za građevinske i montažne radove. Njihova je nosivost najčešće 2...25 t, ali može iznositi i do 400 t, a maksimalni je doseg 10...50 m. S obzirom na

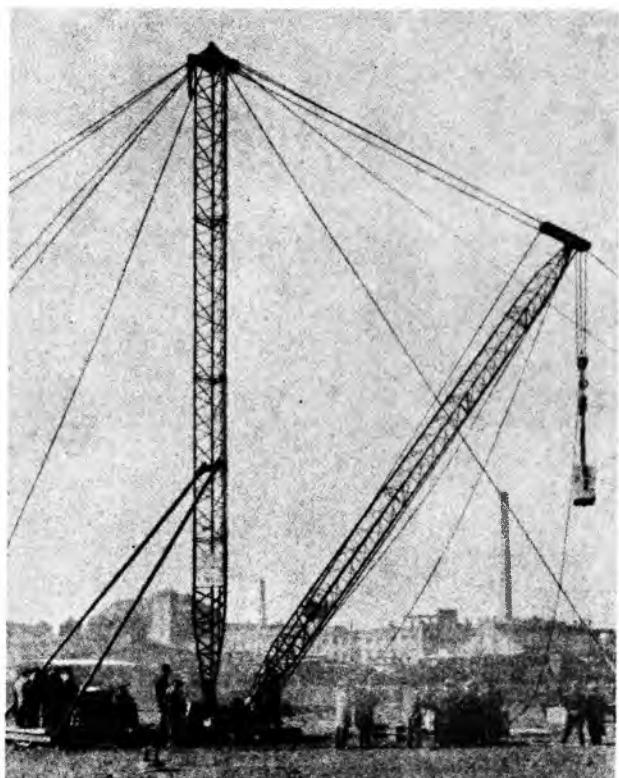
mogućnost zakretanja razlikuju se *derik-granici s krutim zategama i derik-granici s užetnim zategama*.

Vertikalni okretni stup derik-granika s krutim zategama drže dvije kose zatege koje su preko ležaja pričvršćene na gornji dio granika (sl. 48). Te zatege ograničuju zakretanje dohvavnika na  $\sim 280^\circ$ . Ležaj dohvavnika nalazi se na donjem dijelu okretnog stupa. U mrtvom uglu zakretanja smješteni su mehanizmi za dizanje tereta, okretanje i uvlačenje dohvavnika.

Vertikalni okretni stup derik-granika s užetnim zategama pridržava više jednoliko raspoređenih čeličnih užeta, koja su nategnuta između okretnog ležaja na vrhu stupa i usidrena na zemlji (sl. 49). Dohvatnik tih granika, ako nije predugačak,



Sl. 48. Derik-granik s krutim zategama nosivosti 20 t i 5 t. Užeta za dizanje tereta i uvlačenje dohvavnika vode se preko užetnika kroz sredinu okretnog stupa i potpornog ležaja do bubnjeva. Vertikalni se stup okreće pomoću užeta omotanog oko kola pričvršćenog na stupu. Krajevi su užeta namotani na bubnjeve koji se okreću u suprotnom smjeru. (Schmidt-Tychsen, Kiel)



Sl. 49. Derik-granik s užetnim zategama 5 × 25 s pokusnim opterećenjem (VEB SBS, Dresden)

## PRENOSILA I DIZALA

može se zakretati za  $360^{\circ}$  ispod razapetih čeličnih užeta, a ako je previše dug, samo između dva susjedna užeta.

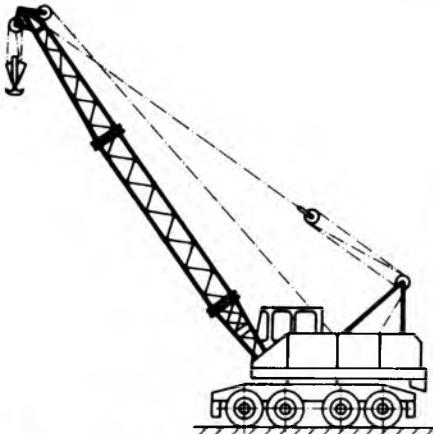
Posebne su vrste derik-granika vozeći derik-granici i palubni granici na plovilima, koji služe za pretovar komadne robe u lukama bez prikladnih pretovarnih uređaja.

**Vozni granici** cestovna su ili pružna vozila s uređajima za dizanje koji najčešće imaju okretnе dohvavatnike.

U vozne se granike ubrajuju cestovni granici koji imaju kotače s gumama, automobilski utovarni granici, granici gusjeničari i pružni granici koji se kreću po tračnicama. Svi vozni granici imaju svoje vlastito energetsko postrojenje.

**Cestovni granici.** Prije su se razvrstavali granici na mobilne i automobilске. S vremenom su te razlike nestale, pa se danas razvrstavaju na cestovne granike s rešetkastim dohvavatnikom i cestovne granike s teleskopskim dohvavatnikom.

**Cestovni granik s rešetkastim dohvavatnikom** (sl. 50) ima dohvavatnik s ležajem na donjem kraju, a gornji kraj podržava jedno ili nekoliko čeličnih užeta. Konstrukcija dohvavatnika omogućuje podizanje velikih tereta na vrlo velike visine, jer je dohvavatnik povoljno opterećen, pretežno tlačnim silama. Osim normalnih dohvavatnika grade se za granike veće nosivosti



Sl. 50. Cestovni granik s rešetkastim dohvavatnikom



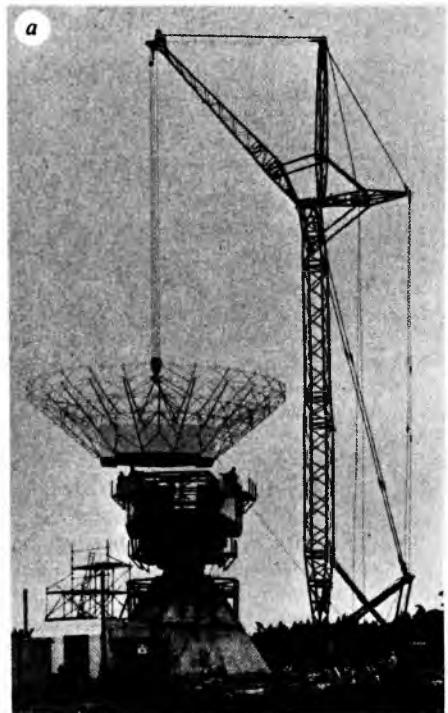
Sl. 52. Cestovni granik s teleskopskim dohvavatnikom nosivosti 80 t. Duljina dohvavatnika 36 m (COLES)

tzv. dohvavatnici za visokogradnje (sl. 51a). Takvi se dohvavatnici mogu produžiti vršnim dohvavatnikom da bi se povećala visina dizanja do 160 m i doseg granika do 80 m. Slični su cestovni toranski okretni granici (sl. 46). Konstrukcija cestovnog granika za rad u lukama prikazana je na sl. 51b.

Dohvatnici cestovnih granika s rešetkastim dohvavatnikom najčešće se moraju pri dolasku na mjesto rada montirati, nakon završetka rada demontirati i složiti za prijevoz na drugo radilište. Dohvatnik se izrađuje od čelika velike čvrstoće zbog toga što je dugačak 100 m i više.

Cestovni granici s rešetkastim dohvavatnikom grade se za nosivosti 20...1400 t, a najviše se upotrebljavaju oni sa 80...100 t nosivosti.

**Cestovni granici s teleskopskim dohvavatnikom** imaju mnogo manju nosivost od cestovnih granika s rešetkastim dohvavatni-

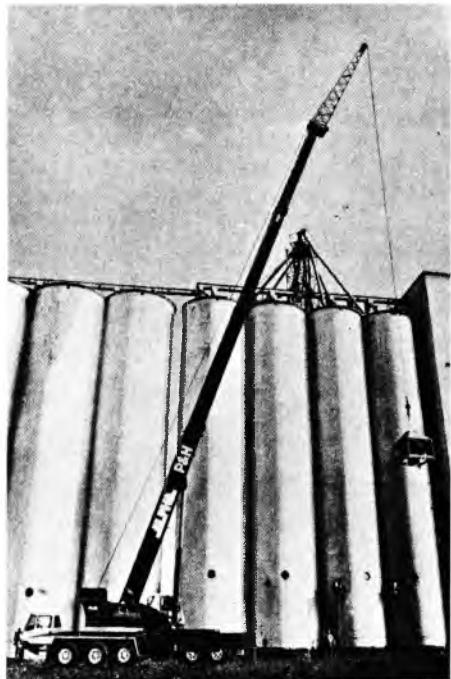


Sl. 51. Cestovni granici s rešetkastim dohvavatnikom (GOTTWALD, Düsseldorf). a cestovni granik s dohvavatnikom za visokogradnje nosivosti 80/90 t, b cestovni lučki granik nosivosti 40 t uz doseg 28 m (24 t uz doseg 40 m) u luci Bristol na pretovaru kontejnera

kom, ali trebaju kraće vrijeme da se pripreme za rad na radilištu. Za kratkotrajna uvrštanja u rad teleskopski su granici prikladniji, jer trebaju samo nekoliko minuta da hidraulički izguraju dijelove teleskopskog dohvavnika na željenu duljinu i već su pripremljeni za rad. Teleskopski dohvavnici imaju 1...4 dijela (sl. 52) koji se mogu jedan iz drugog izgurati da bi dosegli ukupnu duljinu do ~50 m, a u nekim izvedbama to može biti i dvostruko više. Duljina je uvučenog dohvavnika obično 8...10 m. Zbog velike vlastite mase teleskopskih dohvavnika i zbog velikog naprezanja na savijanje nosivost cestovnih granika s teleskopskim dohvavnim kom nije veća od 300 t.

Brzina vožnje cestovnih granika iznosi 10...80 km/h, a brzina je vrtnje gornjeg dijela granika 1...6 okretaja u minuti.

Pri konstruiranju cestovnih granika nastoji se da vlastita masa granika prema masi tereta bude što manja. Jedna je od uspjelih konstrukcija cestovni granik s teleskopskim dohvavnim kom, vlastite mase granika od 41 t i nosivosti 91 t (sl. 53).



Sl. 53. Cestovni granik s teleskopskim dohvavnikom prođen vršnim dohvavnikom (ukupna duljina 71 m), nosivost 90 t

Za pogon cestovnih granika, a općenito i voznih granika, upotrebljava se obično jedan ili dva Dieselova motora. Samo vrlo mali vozni granici ponekad imaju električni pogon baterijama.

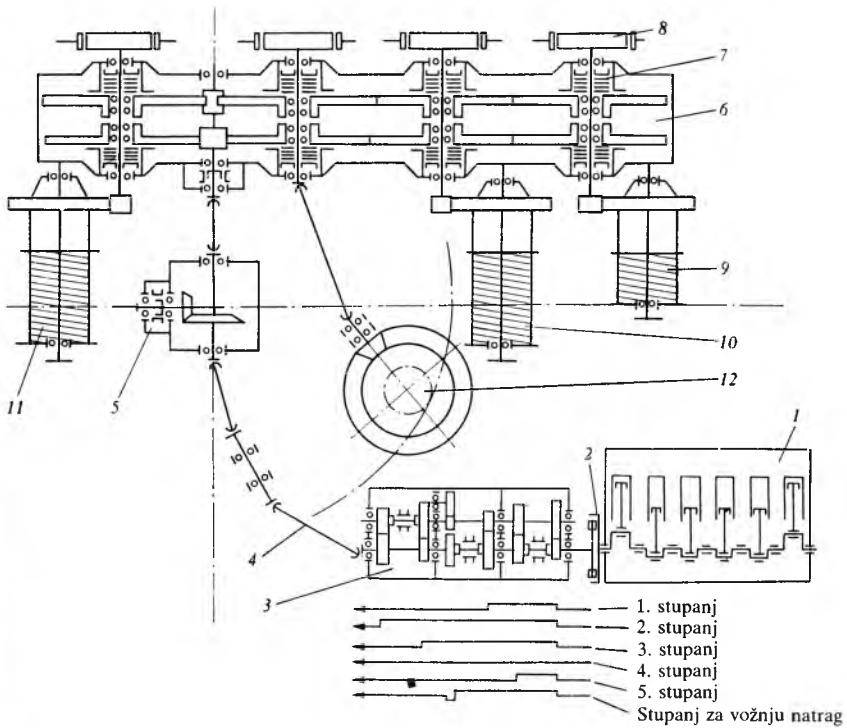
Prema vrsti prijenosnika snage, ugrađenog iza Dieselova motora, razlikuju se: dizelsko-mehanički, dizelsko-hidraulički i dizelsko-električni pogoni cestovnih, odnosno voznih granika.

Dizelsko-mehanički pogoni zbog malih gubitaka u mehaničkim prijenosnicima imaju dobru korisnost snage dobivene od motora, najčešće više od 0,8. Održavanje je dizelsko-mehaničkih pogona relativno jednostavno. Nedostatak je u tome što imaju veliku vlastitu masu i mnogo dijelova koji se habanjem troše. U mehaničkim prijenosnicima postoji mjenjač za prilagodivanje opterećenju (sl. 54) i razdjeljivač u kojem se pomoću spojki određuju pokreti granika. U razdjeljivaču su neprestano u zahvatu dva paralelna reda celičnih zupčanika. Jedan red zupčanika omogućuje pokrete granika u jednom, a drugi u drugom smjeru.

Dizelsko-hidraulički pogoni voznih granika pretežno su hidrostatički. U tim pogonima Dieselov motor pokreće uljne pumpe, a ulje se pod tlakom vodi cijevima do radnih cilindara

koji izvršavaju pojedine radne pokrete granika. Pogonski tlak iznosi za zupčane pumpe ~15 MPa, a za stapne pumpe 25...40 MPa. Posluživanje dizelsko-hidrauličkih pogona veoma je jednostavno i omogućuje vrlo fino upravljanje pojedinim radnjama granika. Održavanje dizelsko-hidrauličkih pogona postavlja dosta velike zahtjeve. Skuplji su od ostalih, a korisnost im je ~0,7. Postoje vozni granici u kojima se neke radnje obavljaju preko mehaničkog prijenosnika, a preostale preko hidrauličkoga.

U dizelsko-električnom pogonu Dieselov motor pokreće generator istosmjerne ili trifazne struje koji napaja pogonske elektromotore pojedinih mehanizama granika. Već prema izboru generatora, motora i njihova povezivanja postižu se različiti stupnjevi finoće upravljanja i reguliranja u pogonu. Korisnost dizelsko-električnih pogona ovisi o njihovoj snazi, ali i o broju energetskih pretvaranja i iznosi 0,55...0,75. Dizelsko-električni pogoni osobito su prikladni za veoma velike snage. Posluživanje tih pogona vrlo je jednostavno.



Sl. 54. Shema dizelsko-mehaničkog pogona voznog granika nosivosti 40 t (VEB Schwermaschinenbau S. M. Kirow, Leipzig). 1 Dieselov motor, 2 spojka, 3 mjenjač, 4 kardanska osovina, 5 izvrstiva spojka, 6 razdjeljivač, 7 izvrstiva lamelna spojka, 8 dvočelusna kočnica, 9 bubanj za uvlakanje dohvavnika, 10 bubanj za dizanje I, 11 bubanj za dizanje II, 12 mehanizam za okretanje

*Automobilski utovarni granici* (sl. 55) u prvom su redu namijenjeni za utovar i istovar vozila na kojemu su montirani. Takvi granici imaju hidraulički pogon, a napravljeni su s teleskopskim dohvavnikom, koljenčastim dohvavnikom ili nekom kombinacijom tih dviju izvedbi. Nosivost takvih



Sl. 55. Automobilski utovarni granik

## PRENOSILA I DIZALA

granika iznosi  $0,5\cdots 9,5$  t. Automobilski utovarni granik teške izvedbe, za teretnjak iznad 9 t korisnog tereta sa četiri podupore, može imati maksimalnu nosivost 6,65 t pri dosegu od 1,85 m ili 2 t pri dosegu od 7 m.

*Granici gusjeničari* upotrebljavaju se za montažne i građevinske radove na teško pristupačnim terenima i terenima male nosivosti. Mogu biti opremljeni normalnim dohvativnikom, rešetkastim dohvativnikom za visokogradnje s vršnim dohvativnikom ili bez njega, te toranjskim okretnim uređajem. Nosivosti granika gusjeničara najčešće iznose  $10\cdots 160$  t, ali dosežu i do 650 t (sl. 56). Granici gusjeničari imaju malu brzinu vožnje, do 5 km/h, pa se oni zbog toga na veće udaljenosti moraju prevoziti, katkada i djelomično demontirani.

*Pružni granici* vozni su granici koji se kreću po tračnicama. Postoje dvije vrste takvih granika, jedni koji rade na prugama



Sl. 56. Granik gusjeničar nosivosti 650 t

velikih industrijskih poduzeća i luka, i drugi koji se kreću i rade na prugama javnih željeznica. Ti drugi grade se u skladu s tehničkim propisima željeznica, a nazivaju se željezničkim granicima.

Pružni granici koji se kreću po industrijskim prugama upotrebljavaju se za pretovar komadne i sipke robe, za montažne radove i održavanje postrojenja. Nosivost je tih granika  $1,5\cdots 3$  t, iznimno i više, doseg  $6\cdots 10$  m, a moment tereta do  $300$  kNm. Brzina vožnje im je malena,  $0,5\cdots 1$  m/s. Pružni granici obično nemaju nosiva pera.

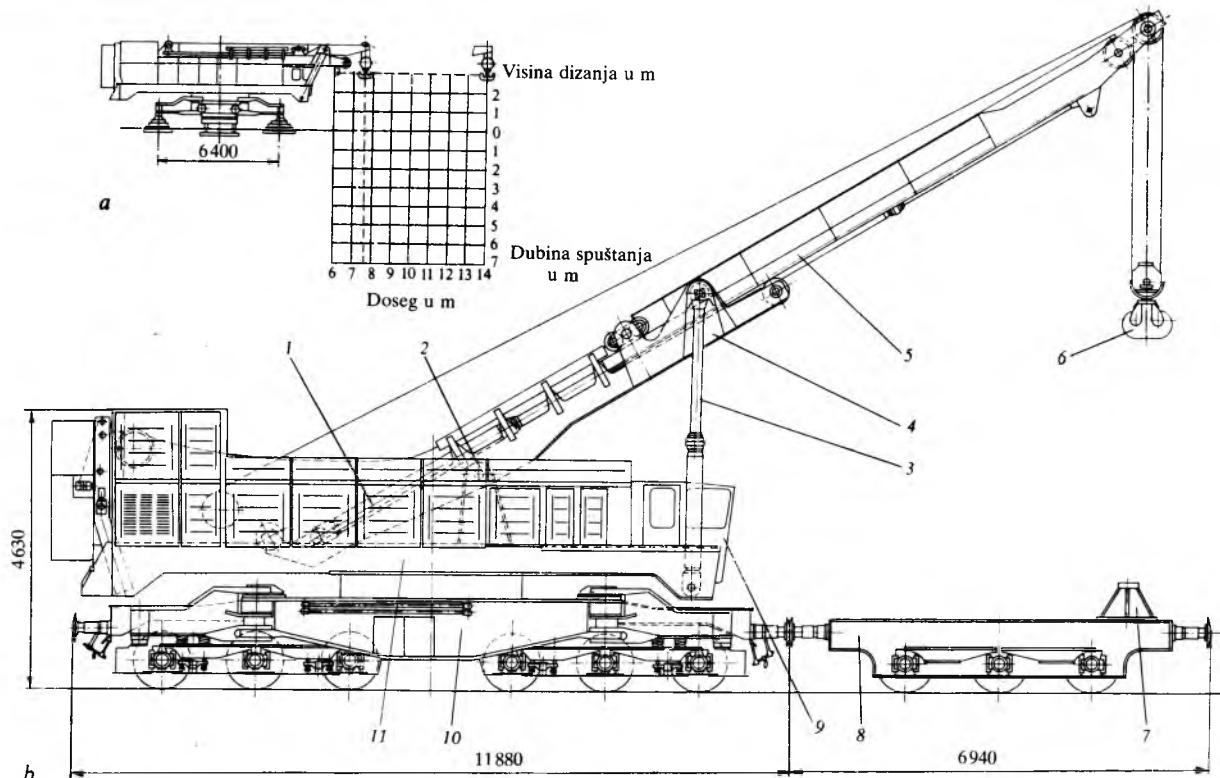
*Željeznički granici* (sl. 57) služe za raščićavanje pruge nakon željezničkih katastrofa, za montažne radove na mostovima i pruzi, i sl. Brzina vožnje željezničkih granika s vlastitim pogonskim uređajem iznosi  $3,6\cdots 9$  km/h, a kad ih vuče lokomotiva, mogu podnijeti brzinu vožnje  $80\cdots 100$  km/h. Željeznički granici imaju u podvoscima nosiva pera koja se blokiraju kad granik radi. Nosivost željezničkih granika iznosi  $3\cdots 250$  t, a moment tereta  $250\cdots 20000$  kNm. Pogon im je dizelsko-električni i dizelsko-hidraulički.

**Ploveći granici.** Donji dio plovećih granika je četverouglasti ponton. Oni plove i rade u blizini morskih obala. Isprrva su, osobito oni teški, bili vezani za rad u svojoj domicilnoj luci ili u ušćima rijeka, i uz veliki rizik prevozili su se u druge luke. Tek kasnije su konstruirani ploveći granici kojima je stabilnost bila toliko povećana da su mogli ploviti morem.

Najjednostavniji ploveći granici imaju na pontonu nepomični dohvativnik ili dohvativnik koji se može samo naginjati, a na radno ih mjesto dovlače tegljači. Osim tih, postoje ploveći granici s okretnim dohvativnicima i vlastitim pogonom pontona. Dohvatnici mogu biti jednostruki ili člankasti. Razlikuju se uglavnom tri skupine plovećih granika:

a) Granici srednje nosivosti do  $\sim 16$  t s velikim radnim brzinama služe za pretovar komadne i sipke robe. Oni potpomažu rad lučkih granika i istovaruju i utovaruju brodove na sidrištu.

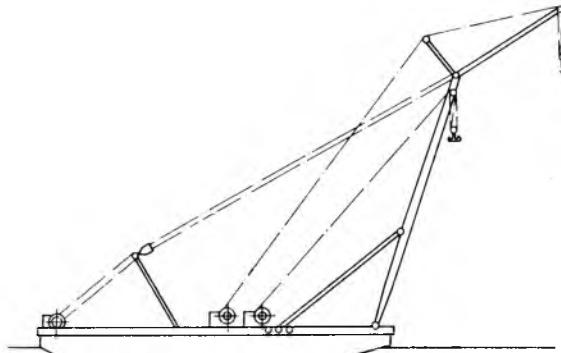
b) Granici velike nosivosti, od  $50\cdots 350$  t, s manjim radnim brzinama služe za pretovar teških tereta kao što su lokomotive, kotlovi i sl. U brodogradilištima se upotrebljavaju za



Sl. 57. Željeznički granik s teleskopskim dohvativnikom nosivosti 125 t (VEB Schwermaschinenbau S. M. Kirow, Leipzig). a radna pozicija s vodoravnim dohvativnikom, b radna pozicija s naklonjenim dohvativnikom; 1 cilindr za posmak dohvativnika, 2 oslonac, 3 cilindr za podizanje dohvativnika, 4 osnovni dohvativnik, 5 posmični dohvativnik, 6 sklop kuke, 7 oslonac za sklop kuke, 8 vagonet za protutege, 9 upravljačnica, 10 donje postolje, 11 gornji okretni dio granika

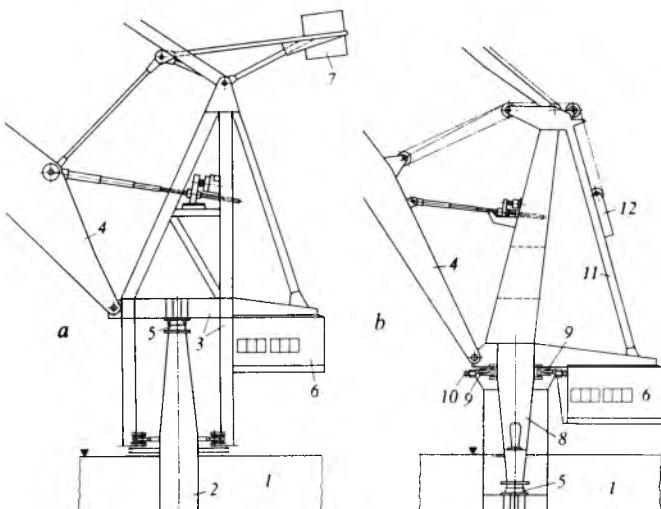
ugradivanje teških postrojenja u brodove, a u gradnji luka za postavljanje lučkih granika. Takvi su granici građeni za visine dizanja 25...40 m iznad vode i 10...15 m ispod vode.

c) Granici vrlo velikih nosivosti, od 400...3000 t, s visinom dizanja ~100 m iznad vode i ~50 m ispod vode, služe za dizanje brodskih olupina, prijenos teških mosnih konstrukcija, montažu svjetionika i sl. Oni imaju dohvativnik koji nije okretan (sl. 58).



Sl. 58. Ploveći granik nosivosti 400 t

Ploveći granici srednje i velike nosivosti imaju uglavnom okretne dohvativnike. Prije je okretni spoj bio izведен kao *zvonasti spoj* (sl. 59a), a danas se primjenjuje *spojs s okretnim stupom* (sl. 59b) jer se tako mnogo smanjuje težina granika.

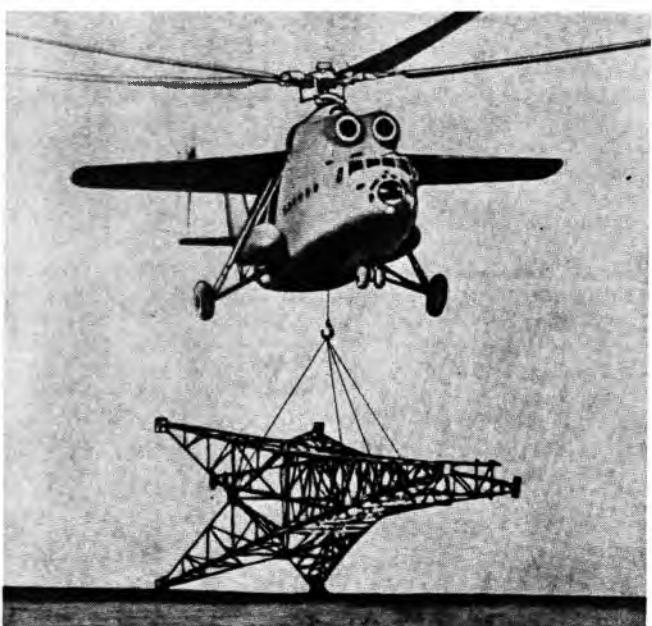


Sl. 59. Okretni spoj okretnog dijela plovećeg granika. a zvonasti spoj, b spoj s okretnim stupom; 1 ponton, 2 stup, 3 zvonasta konstrukcija uležištena na stup, 4 dohvativnik, 5 potporni ležaj, 6 strojarnica, 7 protuteg, 8 okretni stup, 9 prstenasta tračnica, 10 ozubljeni vjenac za okretanje granika, 11 zatega, 12 pokretni protuteg

Pogon plovećih granika je dizelsko-električni. Brodske vijke izravno pokreću Dieselovi motori. Brzina plovidbe pontonskih granika iznosi 7...10 čvorova.

Budući da je postolje plovećih granika ponton ili neko drugo plovilo, oni mijenjaju svoj položaj s vrijednošću momenta tereta i zakretanjem dohvativnika. Najveći je dopušteni otklon vertikalne osi plovila 3...5°.

**Helikopter granik** (sl. 60) sve se više u posljednje vrijeme upotrebljava za prijenos tereta i za različite radove na teško pristupačnim terenima i mjestima gdje normalni granik uopće ne može raditi. U takve radove spadaju čelične montažne gradnje, postavljanje električnih dalekovoda i plinskih cjevovoda, montažu postrojenja procesne industrije i sl. Helikopter se može vertikalno spustiti i podići, što omogućuje dobro i sigurno podizanje tereta sa zemlje. Nedostatak je rada s helikopterom u tome što se postiže manja preciznost pri odlaganju tereta i veći udarci pri podizanju i odlaganju tereta nego kad je granik oslonjen na zemlju. Nezgodno je što pilot

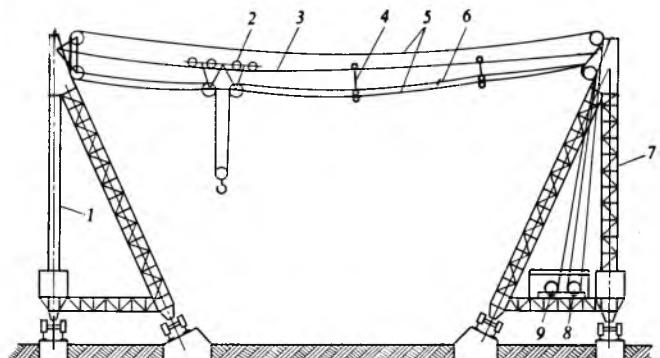


Sl. 60. Helikopter granik

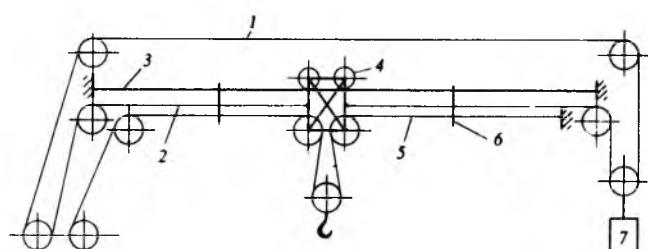
obično ne može promatrati obješeni teret, ali ima i tako građenih helikoptera koji to pilotu omogućuju.

Nosivost helikoptera iznosi 1...8 t, a očekuje se da će se u budućnosti povećati do ~40 t. Nosivost helikoptera granika na niskim temperaturama (u blizini točke smrzavanja) i za povoljnog vjetra (brzine 5...10 m/s) dva puta je veća nego za mirnog vremena (bez vjetra) i na temperaturi od + 20 °C. Zbog toga su hladniji jutarnji sati i hladnija godišnja doba povoljni za rad helikoptera granika.

**Kabelni granici** upotrebljavaju se kad rasponi granika moraju biti vrlo veliki. Kabelni granik ima između dva upornika razapeto jedno ili više čeličnih užeta po kojima se kreće vitlo (sl. 61). Za nosivu užad služe zatvorena, poluzatvorena i otvorena spiralna užad (sl. 93). Vožnja vitla i dizanje tereta obavlja se pomoću zasebnog užeta za vožnju i zasebnog podiznog užeta, a to su uvjek pramena užeta. Raspored užadi obično je sličan onome na sl. 62.



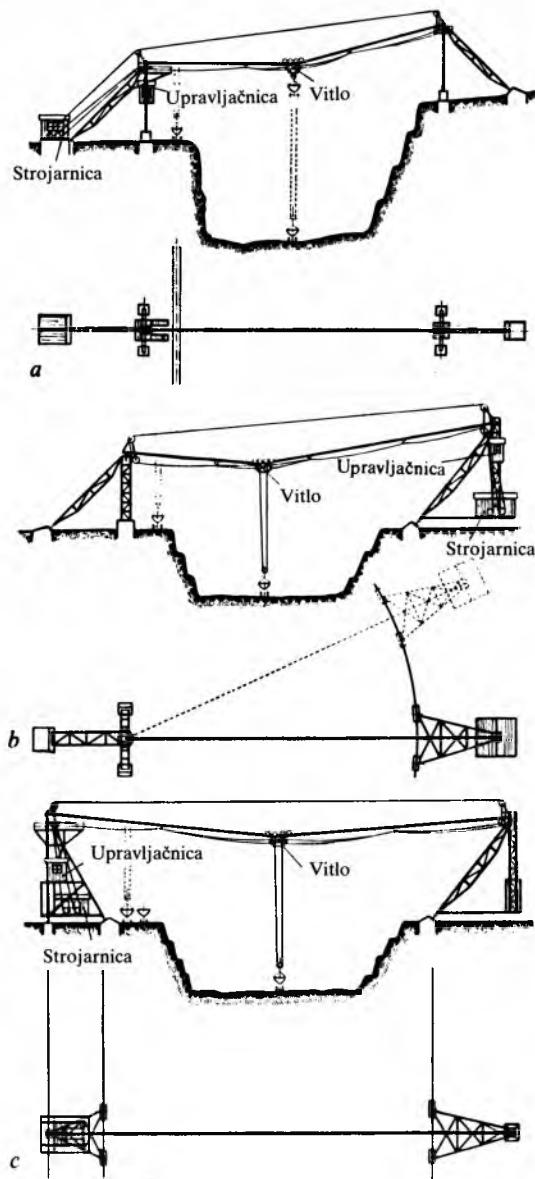
Sl. 61. Kabelni granik. 1 upornik, 2 vitlo, 3 nosivo uže, 4 nosač voznog i podiznog užeta, 5 vozno uže, 6 podizno uže, 7 upornik, 8 mehanizam za vožnju vitla, 9 mehanizam za dizanje



Sl. 62. Raspored radnih užeta kabelnog granika. 1 uže za vožnju, 2 uže za vožnju, 3 nosivo uže, 4 vitlo, 5 podizno uže, 6 nosač užeta, 7 uteg za napinjanje užeta

## PRENOSILA I DIZALA

Kabelni granici grade se kao stacionirani granici kojima su oba upornika nepomična (sl. 63a), kao zakretni granici kojima se jedan upornik kreće po kružnoj tračnici (sl. 63b) i kao pokretni granici kojima se oba upornika kreću po paralelnim tračnicama (sl. 63c). Izvedba je pokretnih kabelnih granika najskuplja jer imaju mehanizme za vožnju i vozne pruge koje moraju biti čvrsto građene.



Sl. 63. Vrste kabelnih granika. a) stacionarni kabelni granik, b) zakretni kabelni granik, c) pokretni kabelni granik

Raspon kabelnih granika iznosi  $80\cdots1000$  m (obično  $150\cdots400$  m), nosivost im je  $1\cdots25$  t (na malim rasponima i do 200 t), visina je dizanja  $10\cdots200$  m (velike vrijednosti kad su razapeti iznad klisura), brzina dizanja  $0,5\cdots3$  m/s, već prema visini dizanja, brzina je vožnje vitla  $2,5\cdots10$  m/s, a brzina vožnje upornika  $0,1\cdots0,4$  m/s. Maksimalni progib nosivog užeta iznosi  $f_{max} \approx l/20\cdots l/30$ , gdje je  $l$  raspon. Visina upornika kabelnih granika doseže do 25 m.

Velika je prednost kabelnih granika u relativno malim troškovima za premoštenje vrlo velikih raspona, a nedostatak je prije svega veliko i jako ljuljanje tereta u vertikalnom smjeru zbog velike elastičnosti nosivog užeta.

Kabelni se granici upotrebljavaju za transport materijala na velikim gradilištima, npr. za betoniranje brana, za gradnju mostova, za prijenos na velikim skladištima, osobito za radeve na teško pristupačnim terenima. Prebačeni preko klisura i rijeka prikladna su transportna sredstva.

Progib nosivog užeta, koje je utegom zategnuto silom  $F_s$ , a opterećeno vitlom na kojemu je zavješten teret, može se odrediti pomoću pojedinačne sile  $F$  (težina vitla i tereta), vlastite težine nosivog užeta i dodatnog opterećenja koje nastaje djelovanjem podiznog užeta za vožnju.

Približan izraz na progib na udaljenosti  $x$  od upornika (sl. 64) glasi

$$f_x = \left( \frac{F}{l} + \frac{q}{2 \cos \alpha} \right) \frac{(l-x)x}{F_h}, \quad (1)$$

a maksimalni progib (za  $x = l/2$ ) iznosi

$$f_{max} = \left( \frac{F}{l} + \frac{q}{2 \cos \alpha} \right) \frac{l^2}{4 F_{h max}}, \quad (2)$$

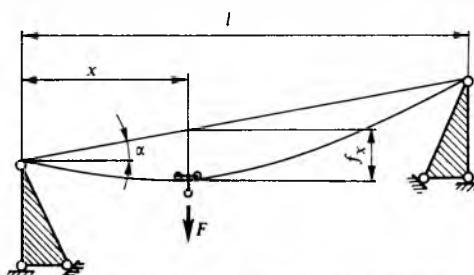
gdje je  $q$  suma jediničnih težina svih užeta, a  $F_h$  suma horizontalnih komponenta zateznih sila svih užeta. Približno se može uzeti da nosivo uže preuzima sve horizontalne sile i da je maksimalna sila u užetu  $F_{s max}$  jednaka maksimalnoj horizontalnoj komponenti

$$F_{s max} \approx F_{h max}. \quad (3)$$

Dimenzije nosivog užeta određuju se tako da se za odabranu vrijednost maksimalnog progiba  $f_{max}$  izračuna iz izraza (2) sila  $F_{h max}$  koja je približno jednaka maksimalnoj sili u užetu, a ona pomnožena sa sigurnošću  $v$  daje silu loma užeta

$$F_l \geq F_{h max} v \quad (4)$$

Računa se da je sigurnost  $v = 3,5\cdots4$ .



Sl. 64.. Progib nosivog užeta kabelnog granika

Nosiva se užad kabelnog granika razlikuje od obične užadi za prenosila i dizala. Zaobljenost nosive užadi nije prilagođena zaobljenosti žlijeba kotača, tj. užetnika vitla, koji se po užetu giba, pa se pritisci kotača na uže prenose kao na tračnicama preko točkastih dodirnih površina. Takvim površinskim pritiscima više odgovara uže s glatkom površinom nego obično prameno uže, pa zato za nosivu užad uglavnom dolaze u obzir sljedeće tri vrste užeta: potpuno zatvoreno spiralno uže, poluzatvoreno spiralno uže i otvoreno spiralno uže.

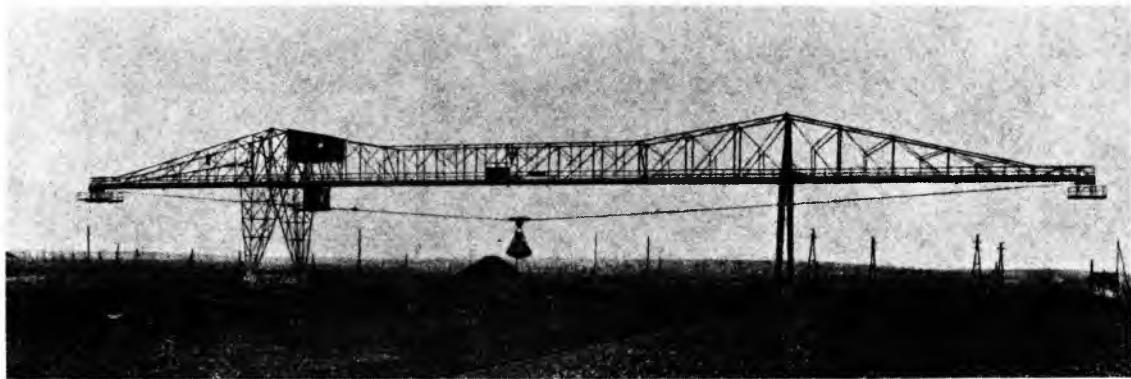
Posebne su izvedbe kabelnih granika portalni kabelni granici (sl. 65) i brodogradilišni kabelni granici (sl. 66), koji su sastavljeni od više paralelnih kabelnih granika na zajedničkim upornicima portalnog oblika.

**Granici za metalurške pogone.** U tu grupu granika spadaju granici prilagođeni radnim uvjetima i proizvodnim zahtjevima metalurških pogona, kao što su željezare, ljevaonice, čeličane, valjaonice, kovačnice ili kalionice. Većinom su to mosni granici koji imaju neposredno u vitlu ili graniku ugrađene posebne naprave za prihvatanje i rukovanje teretom (različita kliješta, traverze i sl.). Takvi granici nemaju samo funkciju transportnih sredstava nego su izravno uvršteni u proizvodni proces. Rade u posebno teškim pogonskim uvjetima, ne samo zbog velikih tereta nego i zbog visokih temperatura i grubog pogona.

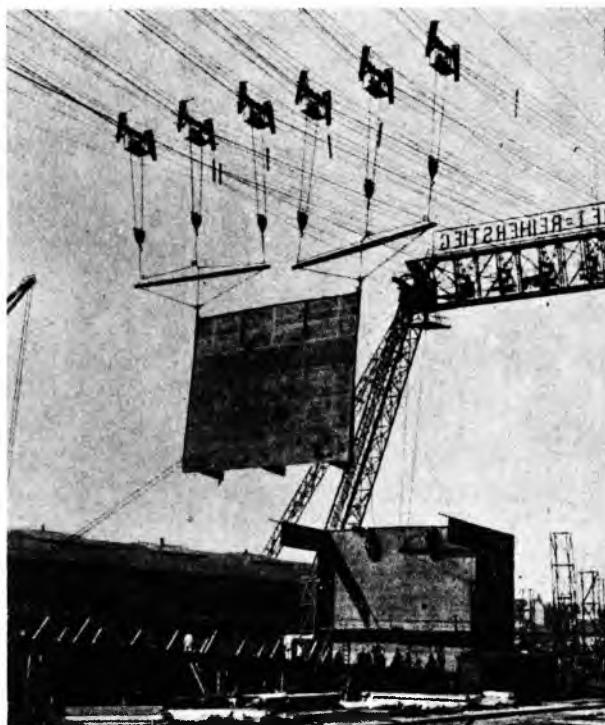
U željezarama (sl. 67) istovar i raspodjelu sirovina (rudače, koksa, dodataka) na ulaznom skladištu obavlja

*pretovarni most sa zahvatačem.* Visoka se peć puni pomoću kose uzvlake. U hali s pješčanim ljevačkim poljem nalazi se granik za kalupljenje i granik za razbijanje i prenošenje željeznih hljebaca.

*Granik za kalupljenje* priprema pješčano ljevačko polje visoke peći za uzastopna lijevanja tako da se uklanjuju ostaci sirovog željeza, poravnava pješčano polje i utiskivanjem izrađuju nove jame i kanali, tj. kalupi. Vito granika nosi



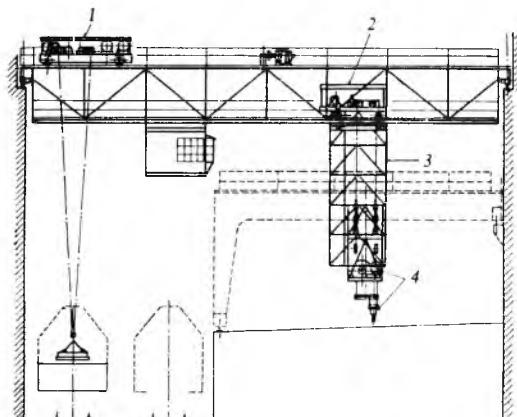
Sl. 65. Portalni kabelni granik na skladištu repe. Nosivost 5 t, raspon između nogara 65 m, ukupan raspon 125 m (Bleichert)



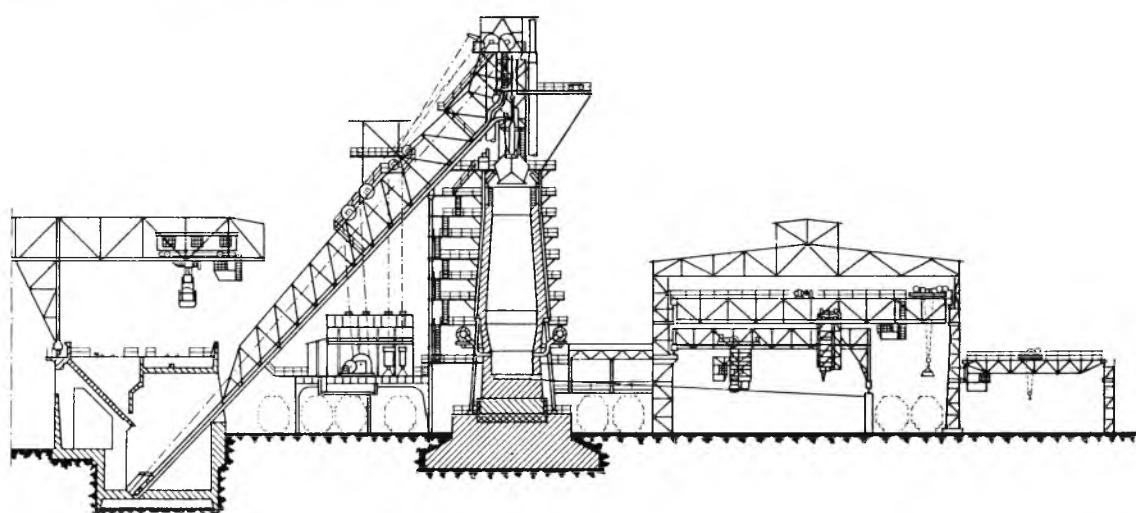
Sl. 66. Brodogradilišno postrojenje kabelnih granika (Bleichert)

vertikalno pomičnu napravu za kalupljenje sa čvrstim vođenjem, kojom izrađuje udubljenja u pijesku. Ostatke sirovog željeza odstranjuje magnetom.

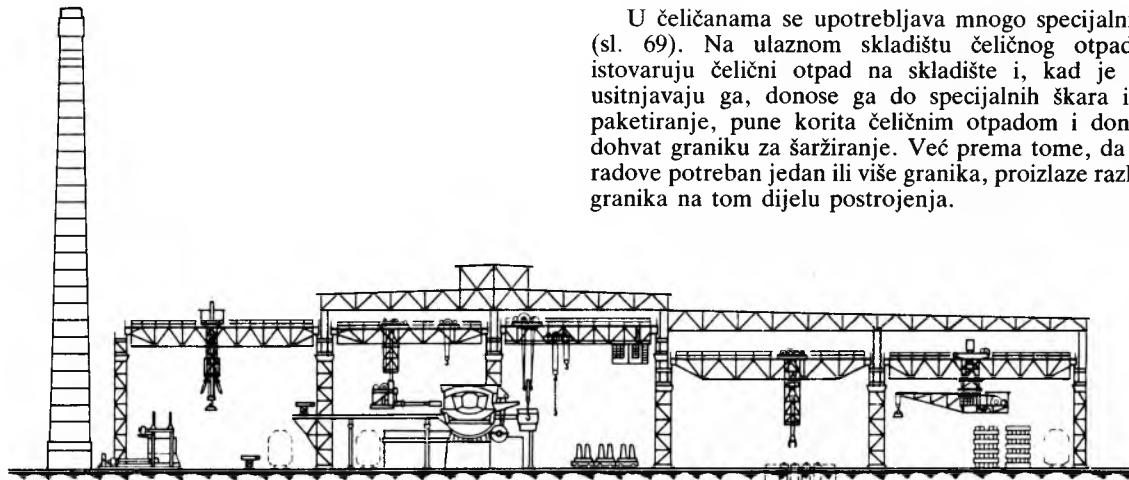
*Granik za razbijanje i prijenos željeznih hljebaca* (sl. 68) razbija hljepce sirovog željeza na ljevačkom polju pomoću zračnog čekića ili padajućeg bata što ih nosi kruta konstrukcija vitla. Za prijenos hljebaca granik je opremljen nosivim magnetom, koji može biti i na zasebnom vitlu.



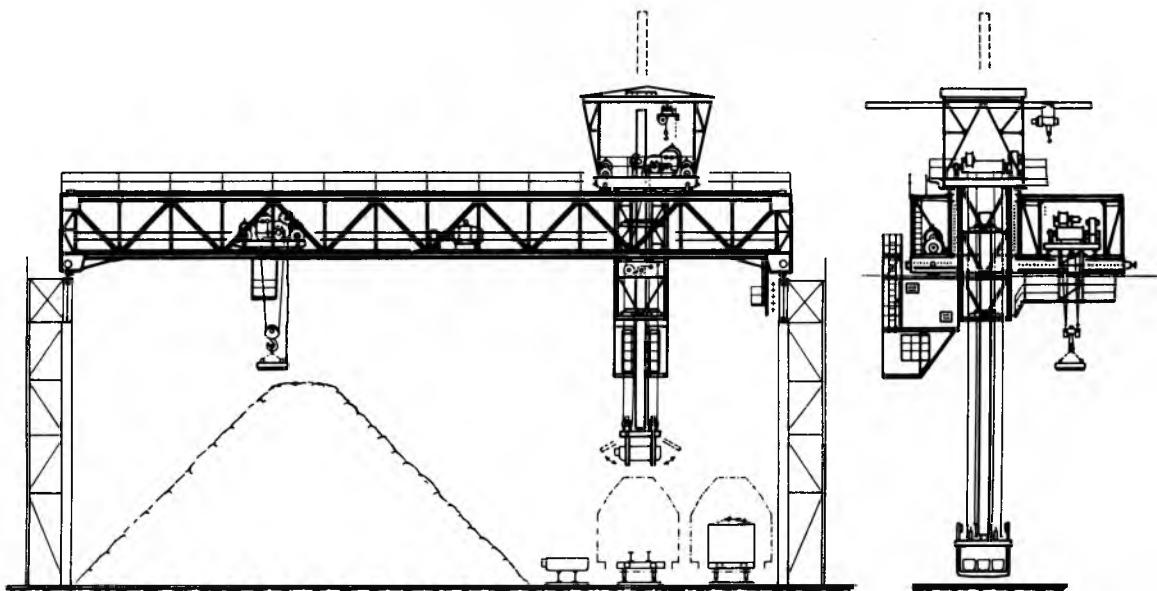
Sl. 68. Granik za razbijanje i prijenos željeznih hljebaca. 1 vitlo nosivog magneta, 2 vitlo razbijala, 3 kruta konstrukcija vitla, 4 razbijalo



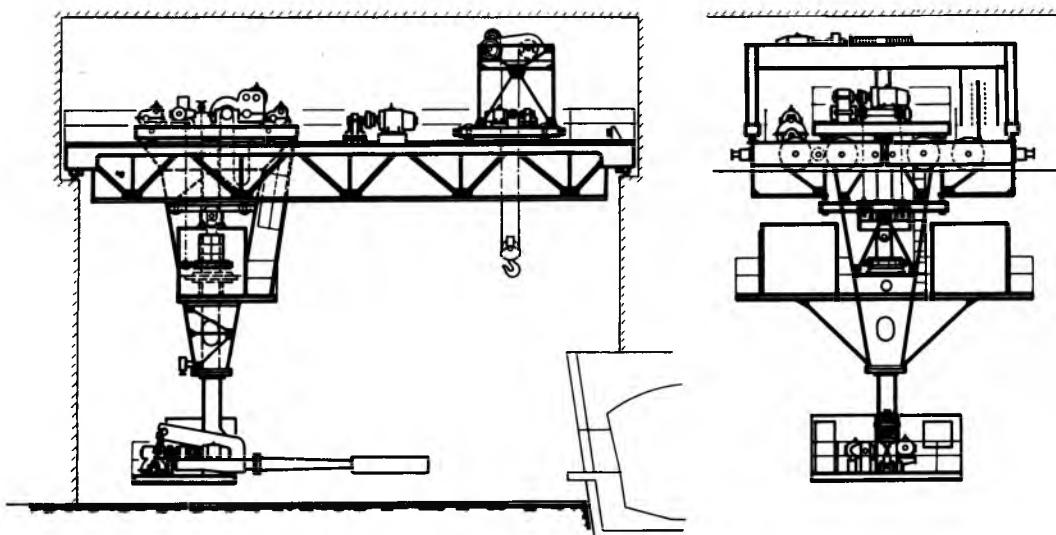
Sl. 67. Granici u žlezariji (Demag). Slijeva nadesno: pretovarni most, kosa uzvlaka za punjenje visoke peći, granik za kalupljenje, granik za razbijanje, prijenos željeznih hljebaca u hali s pješčanim ljevačkim poljem i skladišni granik



Sl. 69. Granici u čeličanima (Demag). Slijeva nadesno: granik za prijenos i punjenje korita na stovarištu lomljivine, šaržirni granik u hali sa Siemens-Martinovom peći koji prihvata odložena napunjena korita i unosi njihov sadržaj u peć, ljevački granik u hali za lijevanje, granik s kliještimi u hali dubokih peći i skladišna hala u kojoj je mosni granik s okretnim vitlom i nosivim magnetom



Sl. 70. Granik za prijenos i punjenje korita (MAN, Nürnberg). Nosivost je glavnog vitla s nosačem za tri korita 15 t, pomoćnog vitla s nosivim magnetom 10 t, a montažnog granika iznad glavnog vitla 3 t. Na tri glavna nosača graničkog mosta postavljene su dvije paralelne pruge za vitla

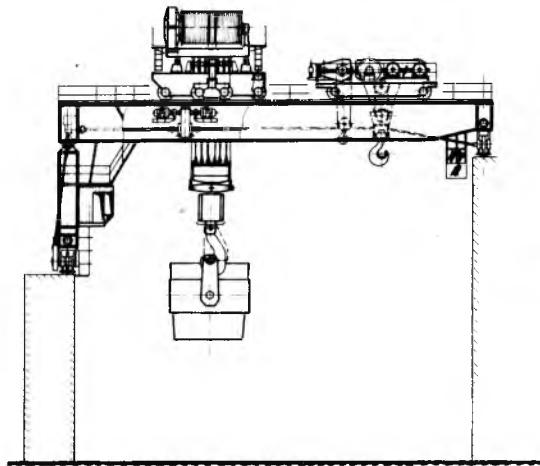


Sl. 71. Šaržirni granik nosivosti 5 t (MAN). Raspon je granika 16 m, a nosivost pomoćnog vitla 15 t

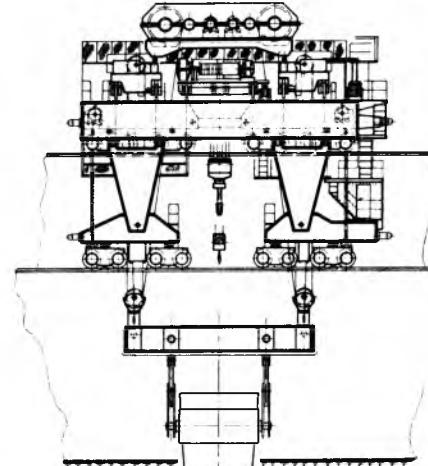
Za istovar i prijenos lomljevine obično se upotrebljavaju *magnetni granici* ili *granici s višečljušnim zahvatačem* koji služe i za prijenos rudače i ostalih dodataka. Za razbijanje lomljevine služe *granici s padajućom kuglom*. *Granik za prijenos korita* prenosi napunjena korita na klupu za odlaganje s koje ih uzima granik za šaržiranje. Često je granik za prijenos korita opremljen i nosivim magnetom za punjenje korita i za prijenos lomljevine. *Granik za prijenos i punjenje korita* (sl. 70) ima posebnu napravu sa dva noseća luka koji se dadu zakretanjem izdići da bi mogli poduhvatiti 3 do 4 korita što se istodobno prenose.

*Šaržirni granici* (sl. 71) horizontalnom polugom zahvaćaju napunjena korita i odnose ih s klupe za odlaganje u Siemens-Martinovu peć, gdje ih okretanjem isprazne i vrate prazne na klupu za odlaganje. U posljednje vrijeme primjenjuju se umjesto šaržirnih granika šaržirni strojevi koji se kreću po podu.

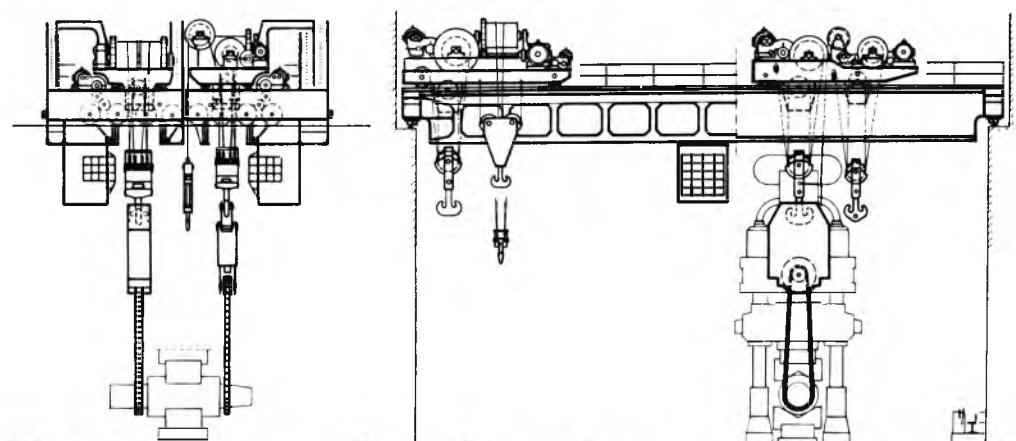
Rastaljeni čelik iz peći odnosi *ljevački granik* (sl. 72). Ljevački se granici upotrebljavaju i za prijenos sirovog željeza u mješače i konvertore u Thomasovim čeličanama. Iako je način lijevanja različit u hali mješača i hali za lijevanje, ljevački granici su isti. Granici u halama s mješačem i s peći imaju nosivost do  $\sim 125$  t, a u hali za lijevanje do  $\sim 500$  t, već prema kapacitetu peći. U metalurškim pogonima upotrebljavaju se i ljevački granici nosivosti 50...100 t. Ljevački granici imaju glavni mehanizam za dizanje s traverzom i lamelnim kukama za prihvaćanje ljevačkog lonca te pomoćni mehanizam za dizanje što služi za prekretanje ljevačkog lonca. Već prema situaciji u pogonu, glavni i pomoćni mehanizam za dizanje smješteni su na jednom vitolu ili na dva međusobno nezavisna vitla. Često se za ljevačke granike zahtijevaju veće brzine za glavno dizanje i vožnju granika, a ponekad i dvije



Sl. 72. Ljevački granik nosivosti 300 t (MAN). Nosivost je pomoćnog vitla 80/25 t, a raspon granika 22 m



Sl. 73. Naprava za svlačenje normalno koničnog ingota. 1 kliješta, 2 tlačni trn



Sl. 74. Kovački granici nosivosti 80 t i 60 t s elektroničkim daljinskim upravljanjem (MAN). Nosivost je naprave za okretanje 40 t, odnosno 25 t, a pomoćne kuke 16 t; raspon je granika 24 m

brzine za glavno dizanje. Ali, najvažniji zahtjev koji moraju zadovoljiti ljevački granici jest najveća sigurnost u radu.

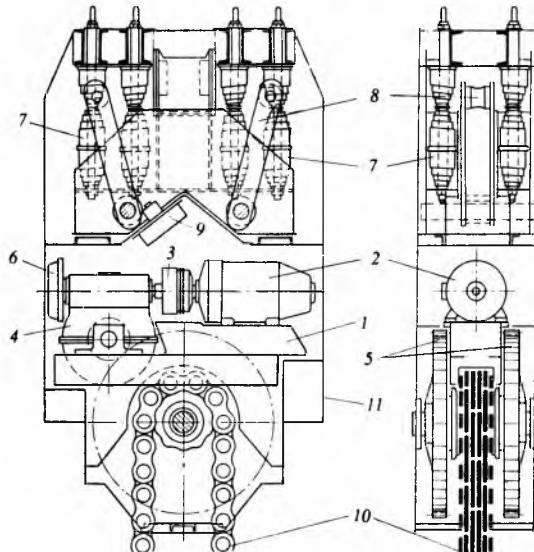
Odliveni se ingoti neko određeno vrijeme hlađe u kokilama i zatim se kokile s njih svuku. Kokile se svlače *granicima za svlačenje*. Konstrukcija granika za svlačenje ovisi o tome da li ingoti imaju širi kraj dolje ili gore. Univerzalnim granicima za svlačenje mogu se kokile svlačiti s normalno koničnih (big-end-down) i s obrnuto koničnih (big-end-up) ingota. Normalno konični ingoti svlače se tako da se kliještima uhvati kokila i podiže (sl. 73), dok se istodobno tlačnim trnom podržava ingot i tako istisne. Oko 30% ingota zepeče se u kokilama, pa se moraju tada istiskivati silom koja doseže i deseterostruku težinu ingota. Nosivost granika za svlačenje iznosi 8...80 t, a pripadna tlačna sila 1000...4000 kN.

Nakon svlačenja kokila, prije dalje preradbe u valjaonici moraju se još svjetlocrveno užareni ingoti uložiti u zagrijane duboke peći da bi postigli jednoliku temperaturu. Ingoti se mogu prenositi i ulagati u duboku peć pomoću granika za svlačenje kokila, ali obično to obavljaju *granici s kliještim*, koji imaju kliješta za prihvaćanje ingota te često i posebnu napravu za skidanje poklopca duboke peći, ali nemaju tlačni trn. Tim se granicima prenose i zagrijani ingoti do valjaoničkih pruga. Njihova nosivost iznosi 5...50 t.

*Kovački granici* (sl. 74) upotrebljavaju se u kovačnicama gdje stavljuju blokove u peći za zagrijavanje, donose blokove pod kovački čekić ili prešu ili drže te teške komade za vrijeme kovanja. Ne leži li komad pri kovanju dobro, prenose se udarci na granik, pa se mogu pojavit opasna, prevelika naprezanja. Da bi se to izbjeglo, slobodni užetnici udvojenog koloturnika, a često i gornji vodeći užetnici, imaju ugradene opruge. U tu su svrhu prikladne opruge koje imaju položenu karakteristiku, a zbog ograničene ugradbene visine opruge se ugrađuju s prednaponom približno jednakim nosivosti granika.

Kovački granici ne samo što drže komade koji se kuju nego ih najčešće moraju i okretati, pa su zato opremljeni *napravama za okretanje* (sl. 75) obješenima na kuku granika. Naprava za okretanje zavješena je preko opruga, a ima beskonačni zglobojni lanac koji drži i okreće komad pri kovanju.

Konstrukcijski oblik granika mora biti prilagođen radnim odnosima u kovačnicama. Obično blok koji se kuje drže dva granika, svaki s jedne strane preše. Jedan od granika ima napravu za okretanje s pogonom, a drugi takvu napravu bez pogona. Da bi se na početku kovanja mogli držati i kratki blokovi, razmak kuka između tih dvaju granika treba biti malen (sl. 74).



Sl. 75. Naprava za okretanje nosivosti 65 t. 1 postolje pogonskog mehanizma, 2 elektromotor, 3 elektromagnetna spojka, 4 pužni pogon, 5 čelnii zupčanici za pokretanje pogonskog lančanika, 6 kočnica, 7 opruge, 8 zavjesne motke, 9 ventilator, 10 zglobojni lanac, 11 okrilje

Upravljanje kovačkim granikom mora biti u skladu s radnim ciklusima kovačke preše, pa je zato upravljačnica smještena u ravnini nakovnja. Za složenje postupke i veće brzine kovanja zahtjevi su za upravljanje granikom složeniji, pa je potrebno daljinsko upravljanje s upravljačkog mjesta preše. Daljinsko je upravljanje osobito važno pri brzom radu preše, kad ona radi sa 12...25 podizaja u minuti pri grubom kovanju, a 60...100 podizaja pri završnom kovanju, već prema veličini podizaja i preše.

Veličina kovačkih granika ovisi o veličini kovačkih preša. Ukupna nosivost kovačkih granika iznosi 5...300 t, a korisna nosivost, tj. nosivost njihovih naprava za okretanje 3,2...250 t.

Za otkivke do 30 t pa sve i do 100 t prikladniji su od kovačkih granika *kovački manipulatori* koji se kreću po podu. Međutim, kad se radi o kovanju dugačkih komada, stabilnost manipulatora mogla bi biti prekoračena, pa se tada upotrebljavaju kovački granici.

#### Vrste pogona

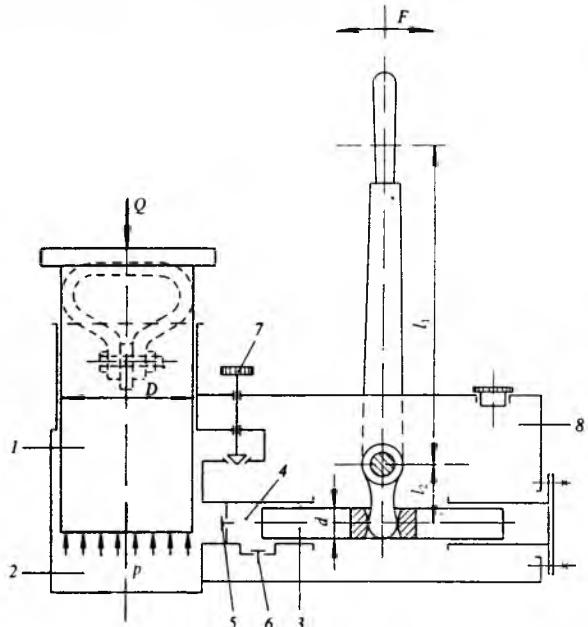
Od različitih vrsta pogona što se danas ugrađuju u prenosila i dizala najvažniji je električni pogon. Ostale vrste pogona ograničene su na posebne vrste uređaja.

**Ručni pogon** se upotrebljava samo za uređaje manje nosivosti, a i tada samo kad se dizala i prenosila upotrebljavaju prigodice, kao npr. za montaže i opravke. Ručni pogon može služiti i kao pogon za nuždu električnih prenosila i dizala.

**Pogon motorima s unutrašnjim izgaranjem** dolazi u obzir za granike koji trebaju biti neovisni o električnoj mreži, kao što su vozni granici i ploveći granici.

**Parni stroj** još i danas služi u pogonu granika, ali samo kad granik radi u dalekim zabitnim krajevima gdje je na raspolaganju jeftino drvo ili osobito jeftin ugljen, ili tamo gdje treba utrošiti izgorive otpatke.

**Hidraulički pogon** s pumpom i akumulatorom na koji je priključeno više dizalica danas se veoma rijetko upotrebljava, jer ga je gotovo sasvim istisnuo električni pogon. Normalne izvedbe takvih dizalica rade s tlakom vode do 10 MPa, iznimno do 50 MPa. Hidraulički se pogon još i danas zadržao na malim ali jakim dizalicama (sl. 76), jer omogućuje velik prijenosni omjer, uz malu težinu i mali volumen dizalice. One se grade za nosivosti do 300 t, s podizajem od ~160 mm. Te se dizalice upotrebljavaju za teške montažne radove u mostogradnji i brodogradilištima.



Sl. 76. Hidraulička dizalica. 1 radni klip, 2 radni cilindar, 3 klip pumpe, 4 cilindar pumpe, 5 tlačni ventil, 6 usisni ventil, 7 ventil za spuštanje, 8 spremnik vode

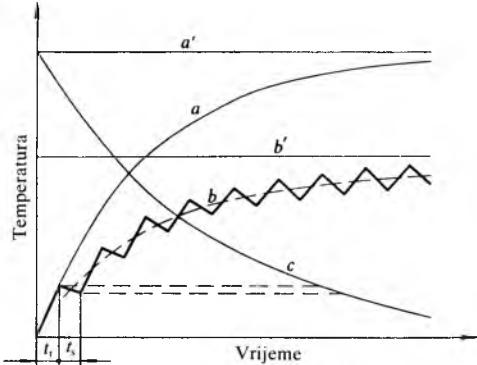
Posljednjih godina sve se više primjenjuju *uljni hidraulički pogoni* manjih snaga na voznim granicima, malim bagerima i sl. Primarni su pokretači elektromotor ili Dieselsov motor. U biti radi se o hidrauličkom prijenosu snage. Takvi pogoni mogu biti hidrostatički i hidrodinamički. Prednosti su hidrostatičkih pogona da lako i kontinuirano svladavaju radne brzine u području prijenosa od 1:1 do više od 1:200, da se jednostavno prekreću (reverziranje), da se mogu sigurno preopteretiti, te da dugo traju. Mana im je niži stupanj korisnosti i komplikiranija proizvodnja. Slični, ali kvantitativno različiti prijenosi služe za servoupravljanje, odnosno za regulaciju većih granika i transportnih postrojenja.

**Pneumatički pogon** primjenjuje se skoro jedino za stacionarne dizalice malog učinka, i to samo ako su postrojenja za komprimirani zrak već izgradena za neke druge svrhe. Pretlak zraka za pogon takvih dizalica obično iznosi 0,4...0,7 MPa. Zrak, kao nosilac energije, ima prednost pred uljem, jer eventualne netijesnosti u cjevovodnom sustavu ne čine osobite neprilike, a nedostatak je što se radni tlak zraka mora držati mnogo nižim, općenito nižim od 1,2 MPa, zbog sigurnosnih propisa za posude pod tlakom i zbog odvajanja vode. Zbog toga se daje prednost pneumatičkom pogonu kad se radi o upravljanju, a veoma rijetko kad se radi o prijenosu pogonske energije, osim za male dizalice.

**Električni pogon.** Ta se vrsta pogona danas najviše upotrebljava za prenosila i dizala zbog sljedećih prednosti pred drugim vrstama pogona: jednostavan privod energije, velika sigurnost u pogonu, neprestana spremnost za rad, mogućnost velikog preopterećenja tokom kratkog vremena i velika ekonomičnost. Ta velika ekonomičnost ima posebnu prednost u pojedinačnom pogonu, u kojemu za svaku vrstu rada ili gibanja granik ima poseban motor, pa je tada električni pogon prilagođen uvjetima svakog gibanja granika. Nadalje, prednosti su električnog pogona da se lako održava i da su dimenzije i težine elektromotora male. Pokretanje, regulacija i reverziranje motora, te daljinsko upravljanje, jednostavno je i može se lako provesti.

Nedostaci su električnog pogona: velika brzina vrtnje pogonskih elektromotora i što je vezan na kontaktну mrežu ili kable. Velike brzine vrtnje elektromotora zahtijevaju prijenosnike s velikim prijenosnim omjerima, s kojima rastu i gubici.

Graniku su sva pojedinačna gibanja vremenski ograničena, pa prema tome i svaki pojedini motor radi samo ograničeno vrijeme. Pri tako *isprekidanom* ili *intermitiranim* pogonu motor se granika izmjenično grije i hlađi. Nakon nekoliko takvih izmjena motor dostigne neku srednju ustaljenu temperaturu koja je mnogo niža od one temperature što bi je motor dostigao uz trajno maksimalno opterećenje. Budući da je u isprekidanom pogonu zagrijavanje motora manje nego u trajnom pogonu (sl. 77), to se u isprekidanom pogonu motor može više opteretiti nego u trajnom radu.



Sl. 77. Krivulje zagrijavanja motora, a porast temperature motora u trajnom pogonu, a' konačna temperatura u trajnom pogonu, b porast temperature motora u isprekidanom pogonu, b' konačna temperatura u isprekidanom pogonu, c krivulja hlađenja za vrijeme mirovanja,  $t_r$  trajanje opterećenja odnosno rada,  $t_s$  trajanje stajanja motora

Prema preporukama IEC električni su pogoni razvrstani na osam vrsta i označeni sa S1-S8. Sa S1 označen je trajni pogon. Od isprekidanih pogona za prenosila i dizala dolaze u obzir intermitirani pogon bez utjecaja zaleta na temperaturu (S3), intermitirani pogon s utjecajem zaleta na temperaturu (S4) i intermitirani pogon s utjecajem zaleta i kočenja na temperaturu (S5). Za sve tri vrste pogona predviđa se neprekidni slijed jednakih ciklusa.

**Intermitirani pogon bez utjecaja zaleta na temperaturu (S3).** Svaki ciklus obuhvaća vrijeme s konstantnim opterećenjem  $t_r$  (nazivna snaga) i vrijeme stajanja  $t_s$  (sl. 78a). Pretpostavlja se da povišena struja tokom zaleta ne utječe osjetno na zagrijavanje.

**Intermitirani pogon s utjecajem zaleta na temperaturu (S4).** Svaki ciklus obuhvaća vrijeme zaleta  $t_p$ , vrijeme s konstantnim opterećenjem  $t_r$  (nazivna snaga) i vrijeme stajanja  $t_s$  (sl. 78b). Nakon isklapanja struje motor se zaustavlja mehaničkim kočenjem.

**Intermitirani pogon s utjecajem zaleta i kočenja na temperaturu (S5).** Svaki ciklus obuhvaća vrijeme zaleta  $t_p$ , vrijeme s konstantnim opterećenjem  $t_r$  (nazivna snaga), vrijeme kočenja  $t_k$  i vrijeme stajanja  $t_s$  (sl. 78c). Kočenje je električno.

Da bi se pri odabiranju motora granika mogla uzeti u obzir spomenuta svojstva tih pogona, uveden je pojam *relativno*

*trajanje uključenja* ili *intermitencija*. Pod tim se razumijeva omjer (izražen u postocima) trajanja opterećenja unutar jednog ciklusa i trajanja čitavoga radnog ciklusa. Prema tome, intermitencija se određuje pomoću izraza

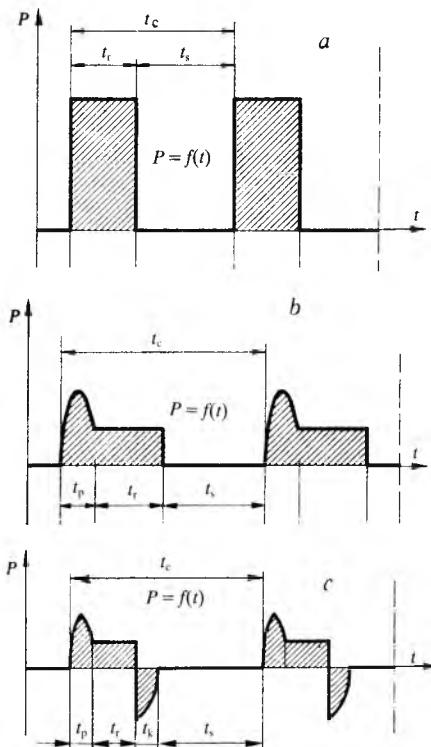
$$\varepsilon = \frac{\Sigma t_r}{t_c} 100\% = \frac{\Sigma t_r}{\Sigma t_r + \Sigma t_s} 100\%. \quad (5)$$

Vrijeme radnog ciklusa ( $t_c$ ) sastoji se od zbroja trajanja opterećenja ( $\Sigma t_r$ ) i zbroja trajanja stanki ( $\Sigma t_s$ ).

Za intermitirani pogon S3, za koji vrijedi izraz

$$\varepsilon = \frac{t_r}{t_r + t_s} 100\%, \quad (6)$$

preporuke IEC predviđaju sljedeće intermitencije  $\varepsilon = 15, 25, 40$  i  $60\%$ . Trajanje ciklusa  $t_c = 10$  min. Prema tome, u katalozima motora za prenosila i dizala uz nominalnu snagu navedene su i oznake za vrstu pogona S3-15%, S3-25%, S3-40%, S3-60% i S3-100%. Snaga za pogon S3-100% jednaka je snazi za trajni pogon S1, uz pretpostavku da zalet i kočenje ne utječu na zagrijavanje motora.



Sl. 78. Intermitirani pogoni. a pogon S3, b pogon S4, c pogon S5

**Određivanje snage motora.** Elektromotor mora imati toliku snagu da se u predviđenom pogonu ne prekorači dopuštena granica zagrijavanja. Osim toga, mora imati dovoljan okretni moment za najnepovoljnije opterećenje.

Potrebna snaga za vožnju granika ili dizanje, ne uzimajući u obzir snagu potrebnu za ubrzavanje, naziva se snagom za ustaljenu vožnju, odnosno za ustaljeno dizanje. Ta snaga se može izračunati iz izraza

$$P = \frac{Fv}{\eta} = \frac{M\omega}{\eta}, \quad (7)$$

gdje je  $F$  otpor vožnji odnosno težina korisnog tereta koji se diže zajedno s tezinom naprave za zahvatanje tereta,  $v$  brzina vožnje, odnosno dizanja, a  $\eta$  korisnost čitavog mehanizma za vožnju ili za dizanje.

Za granice srednjih brzina dizanja i manje nosivosti (lučki granici za komadne terete, montažni i radionički granici) često se snaga motora određuje na osnovi potrebne snage za ustaljeno dizanje za pogon S3 uz pripadnu intermitenciju  $\varepsilon$ .

Tada se pretpostavlja da je utjecaj ubrzanja i kočenja relativno malen.

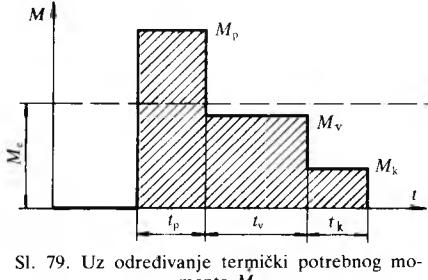
Kad se teret diže uz teže uvjete, potrebno je izraditi dijagram radnog ciklusa granika i na temelju tog dijagrama izračunati snagu motora.

Snaga motora mehanizma za vožnju s malim intermitencijama, s malo uključivanja u satu i za male brzine vožnje, do  $\sim 0,3 \text{ m/s}$ , može se odrediti prema snazi potrebnoj za ustaljenu vožnju za pogon S3. Gotovo za sve ostale mehanizme za vožnju potrebno je proračunati okretne momente, uzimajući u obzir mase koje se ubrzavaju i koče, jer snaga motora određena prema izrazu (7) ne bi bila dovoljna. Prema tome se tada *motori za isprekidani pogon* odabiru na osnovi triju kriterija: intermitencije, termički potrebnog momenta i preopterećenja zbog maksimalnog momenta tokom zaleta.

*Termički potreban moment.* Toplinski gubici u asinhronom motoru proporcionalni su kvadratu struje i približno kvadratu okretnog momenta. Pojavljuju li se tokom radnog ciklusa različiti momenti, za termičko je opterećenje mjerodavan ekvivalentni moment (termički potreban moment) u isprekidanom pogonu  $M_e$ . U skladu s oznakama na sl. 79 taj se moment određuje iz izraza

$$M_e = \sqrt{\frac{M_p^2 t_p + M_v^2 t_v + M_k^2 t_k}{t_p + t_v + t_k}}, \quad (8)$$

gdje su sa  $M$  označeni momenti, a sa  $t$  trajanja pogona (indeks  $p$  odnosi se na zalet, indeks  $v$  na ustaljenu vožnju, a  $k$  na kočenje).



Sl. 79. Uz određivanje termički potrebnog momenta  $M_e$

Ako granik radi na otvorenom prostoru, onda se momentu ustaljene vožnje  $M_v$  pribraja i moment za svladavanje otpora vjetra. U izraz (8) treba uvrstiti  $M_k = 0$  i  $t_k = 0$  ako granik ima mehaničko kočenje.

Tablica 1

VRIJEDNOSTI RELATIVNOG OPTEREĆENJA  $\lambda$  I PRIPADNOG FAKTORA OPTEREĆENJA  $r$

$\lambda$	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0
$r$	0,73	0,76	0,79	0,82	0,85	0,88	0,91	0,94	0,97	1,0

Budući da se radni ciklus granika sastoji od dijela s punim opterećenjem i dijela s vlastitim (mrvtim) opterećenjem, treba termički potreban moment  $M_e$  prema Schiebeleru reducirati pomoću faktora opterećenja  $r$  koji ovisi o relativnom opterećenju  $\lambda$  prema tabl. 1. Relativno opterećenje  $\lambda$  dobiva se pomoću potrebnih momenata za puno opterećenje  $M_v$  i za mrvto opterećenje  $M_o$  prema izrazu

$$\lambda = \frac{M_v + M_o}{2 M_v}. \quad (9)$$

Potrebeni moment motora tada iznosi

$$M_n = r M_e. \quad (10)$$

*Preopterećenje djelovanjem maksimalnog momenta.* Elektromotor odabran prema momentu  $M_n$  (10) bit će tokom zaleta preopterećen. Zato moment tokom zaleta  $M_p$  ne smije biti veći od 70...80% prekretnog momenta  $M_{pr}$  motora (sl. 80)

$$M_p = (0,7 \dots 0,8) M_{pr}. \quad (11)$$

Nazivna snaga motora dobiva se pomoću potrebnog momenta motora i kutne brzine motora  $\omega_n$  iz izraza

$$P_n = M_n \omega_n. \quad (12)$$

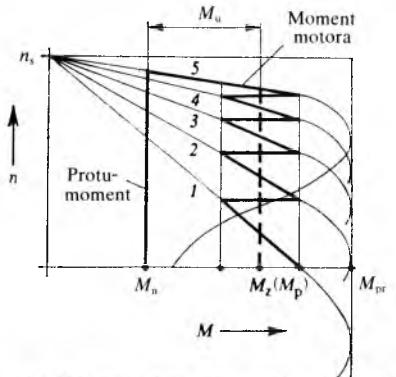
Tako izračunata snaga motora vrijedi za intermitenciju  $\varepsilon$  koja se odnosi na stvarni radni ciklus granika. Nazivna snaga motora svodi se na standardiziranu intermitenciju  $\varepsilon_{st}$  pomoću izraza

$$P_{nst} = P_n \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{st}}}. \quad (13)$$

*Motori za trajni pogon* odabiru se prema najvećem nomenutu ustaljenog gibanja  $M_v$ , pa je njihov nazivni moment

$$M_n = M_v. \quad (14)$$

Moment ustaljenog gibanja  $M_v$  sastoji se od momenta potrebnog da se svlada otpor trenja, odnosno kotrljanja, i momenta potrebnog da se svlada sila teže.



Sl. 80. Momenti tokom zaleta asinhronoga kolutnog motora

Potrebno je, također, kontrolirati moment tokom zaleta  $M_p$ . Taj se moment sastoji od momenta ubrzavanja  $M_u$ , koji je potreban za ubrzavanje pokretnih dijelova, i momenta ustaljenog gibanja  $M_v$ , pomnoženog s faktorom  $k$ . Faktorom  $k$  uzima se u obzir moguće povećanje trenja, npr. zbog povećane viskoznosti ulja nakon stajanja ili neke prljavštine. Prema tome, moment  $M_p$  određuje se iz izraza

$$M_p = M_u + k M_v = (1,5 \dots 1,8) M_n. \quad (15)$$

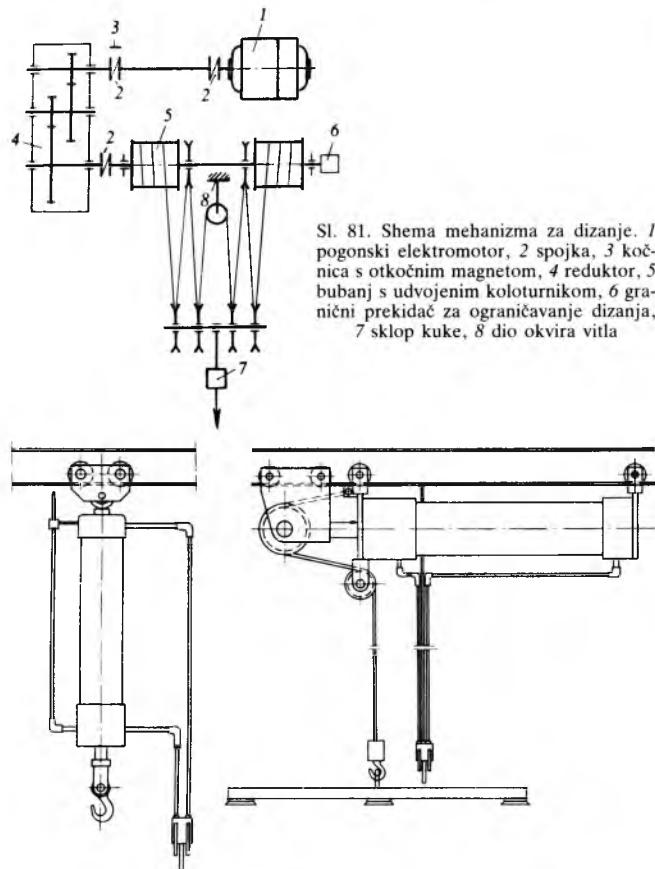
*Vrste struje i motora.* Danas uglavnom stoji na raspolažanju izmjenična struja. Zato se u elektromotornim pogonima prenosi i dizala pretežno ugrađuju trofazni asinhroni motori, koji s obzirom na sigurnost u pogonu, jednostavnost i cijenu, imaju prednost pred ostalim vrstama elektromotora. Od trofaznih asinhronih motora najprikladniji je *kolutni asinhroni motor*. Otpornicima u krugu rotora tog motora može se stupnjevitno upravljati brzinom vrtnje i okretnim momentom. Osim toga, otpornici odvode najveći dio topline gubitaka koja nastaje tokom zaleta i kočenja. U kaveznim asinhronim motorima veći dio gubitaka nastaje u rotoru, pa se uz veliku učestalost uklapanja motor veoma zagrijava, što ograničuje upotrebu tih motora u pogonima prenosa i dizala. Jednofazni i trofazni kolektorski motori sa serijskom karakteristikom, koji su se prije upotrebljavali za lučke granike, danas se više ne upotrebljavaju.

Veliki razvitak ispravljačke tehnike u posljednja dva desetljeća otvorio je nove mogućnosti priključka istosmjernog motora na izmjeničnu mrežu preko upravljivih usmjerivača koji daju istosmjerni napon promjenljivog iznosa. Tako je istosmjerni motor ponovo postao važan za pogon prenosa i dizala.

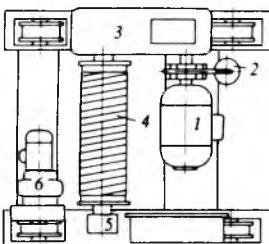
#### Pogonski mehanizmi granika

*Mehanizmi za dizanje* služe za dizanje, spuštanje i držanje tereta. Mogu se razvrstati na mehanizme serijske proizvodnje

(pužni čekrk, zupčanički čekrk, električni čekrk, podna vitla i sl.) i na mehanizme pojedinačne proizvodnje ili proizvodnje u malim serijama (vitla za mosne granike, portalne granike, pretovarne mostove itd.). Prema vrsti pogona mehanizmi za dizanje mogu biti mehanički, hidraulički i pneumatski. Mehanički mehanizam za dizanje najčešće ima elektromotor koji preko reduktora pokreće bubenj za namatanje užeta (sl. 81) ili tarna kola. Hidraulički ili pneumatski mehanizmi za dizanje dižu teret neposredno pomoću tlačnih cilindara (sl. 82), ili posredno pomoću hidrauličkog motora koji pokreće bubnjeve za namatanje čeličnih užeta ili lanaca.



Sl. 81. Shema mehanizma za dizanje.

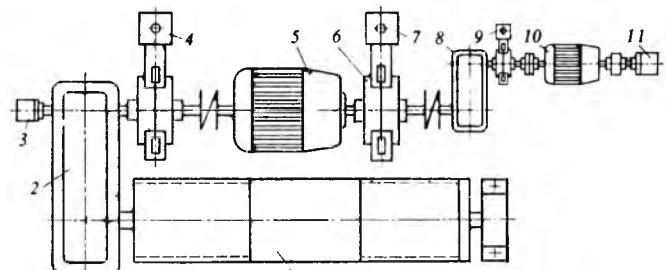


Sl. 82. Pneumatski mehanizmi za dizanje sa zračnim cilindrima

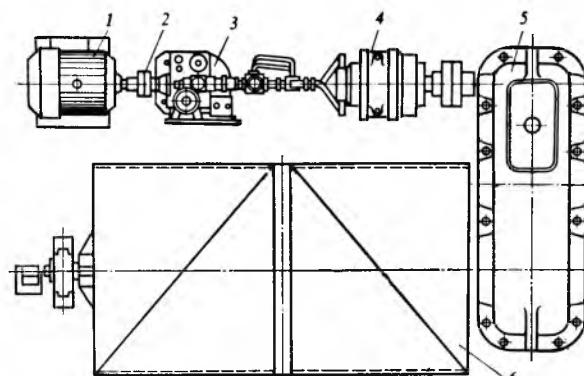
Sl. 83. Vitlo granika (Demag). 1 elektromotor mehanizma za dizanje, 2 kočnica, 3 reduktor, 4 bubanj za namatanje čeličnog užeta, 5 granični prekidač, 6 mehanizam za vožnju vitla

Pojedini dijelovi mehanizma za dizanje smješteni su na okviru vitla. Okvir je vitla luke čelične konstrukcije, a na njemu se nalazi i mehanizam za vožnju vitla (sl. 83). Da bi se tereti mogli dizati i spuštati različitim brzinama, izrađuju se višebrzinski mehanizmi za dizanje. Dvobrzinski mehanizam ostvaruje se pomoću dva motora povezana planetarnim prijenosnikom (sl. 84). Glavni elektromotor pokreće preko reduktora bubanj za dizanje. Za male brzine dizanja služi pomoći elektromotor koji je povezan s bubnjem preko običnog reduktora, planetarnog prijenosnika i osovine glavnog elektromotora. Mehanizam ima tri kočnice: na glavnom elektromotoru, na pomoći elektromotoru i na planetarnom prijenosniku. Kad mehanizam radi s normalnom brzinom, pritegnuta je samo kočnica na pomoći elektromotoru. Za vrlo polagano dizanje tereta radi pomoći elektromotor, a pritegnuta je kočnica na planetarnom prijenosniku.

Podizanje teških tereta montažnim granicima mora biti polagano uz meki početak podizanja. Tada se upotrebljavaju i hidraulički mehanizmi za dizanje (sl. 85). U takvu mehanizmu elektromotor pokreće pumpu koja dobavlja tekućinu pod tlakom hidrauličkom motoru velikog okretnog momenta. Hidraulički mehanizam za dizanje omogućuje omjer brzina 1500:1, a njegov zatvoreni hidraulički sustav radi s tlakom od 10 MPa.



Sl. 84. Dvobrzinski mehanizam za dizanje s planetarnim prijenosnikom. 1 bubanj, 2 reduktor, 3 i 11 prekidači osjetljivi na brzinu, 4 kočnica, 5 glavni elektromotor, 6 planetarni prijenosnik, 7 kočnica, 8 reduktor, 9 kočnica, 10 pomoći elektromotor



Sl. 85. Hidraulički mehanizam za dizanje montažnog granika. 1 elektromotor, 2 spojka, 3 pumpa, 4 hidraulički motor, 5 reduktor, 6 bubanj

*Snaga za ustaljeno dizanje* pri punom opterećenju iznosi

$$P_d = \frac{F_d v_d}{\eta}, \quad (16)$$

a *snaga ubrzavanja*, koja je potrebna da mase iz stanja mirovanja ubrza do stanja ustaljenog dizanja, tj. do postizanja pune brzine dizanja  $v_d$ , iznosi

$$P_u = m_d \frac{v_d}{t_p} \cdot \frac{v_d}{\eta} + \frac{M_u \omega_n}{\eta}, \quad (17)$$

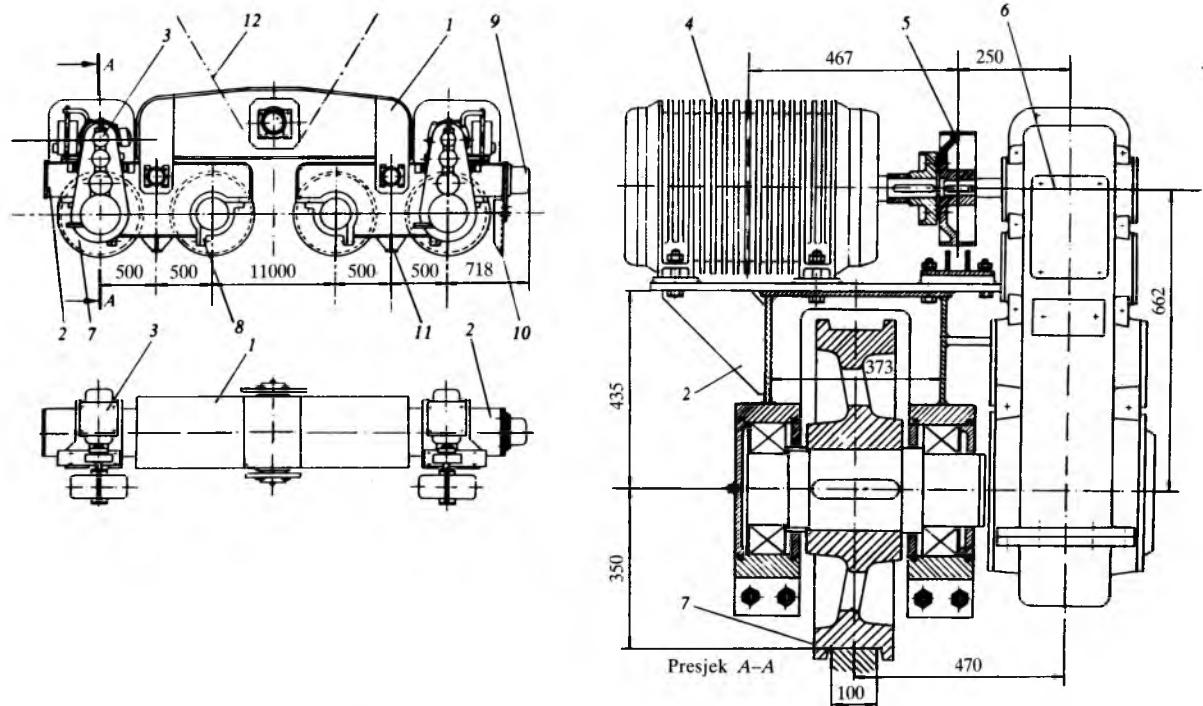
gdje je  $F_d$  sila dizanja na sredstvu za zahvaćanje tereta,  $\eta = \eta_k \eta_b \eta_r \approx 0,8 \dots 0,9$  ukupna korisnost,  $\eta_k$  korisnost koloturnika,  $\eta_b$  korisnost bubnja,  $\eta_r$  korisnost reduktora,  $m_d$  masa koja se pravocrtno ubrzava pri dizanju,  $t_p$  trajanje polaska ( $t_p \approx 0,5 \dots 5$  s),  $M_u$  moment ubrzavanja za mase koje rotiraju reducirani na osovinu motora, a  $\omega_n$  kutna brzina osovine motora.

Snaga pri početku pokretanja, odnosno dizanja, tj. *snaga polaska* tada iznosi

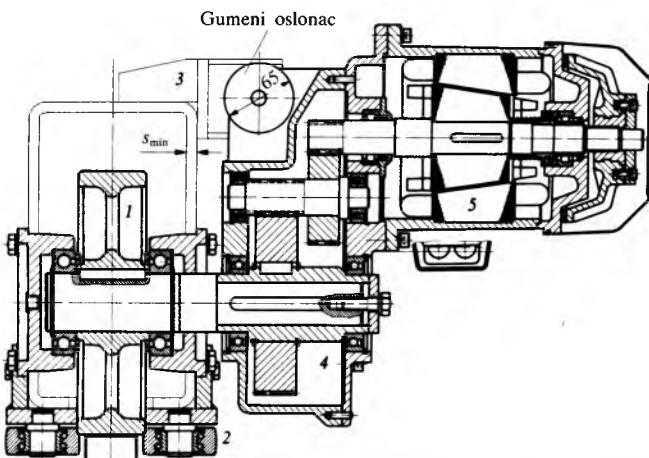
$$P_p = P_d + P_u. \quad (18)$$

Ako je mehanizam za dizanje predviđen za velike terete, treba uzeti u obzir i vlastitu težinu sklopa kuke, odnosno zahvatača. Točna kontrola snage ubrzavanja provodi se samo kad se radi o vrlo velikim brzinama dizanja i relativno malom trajanju polaska. Općenito se snaga ubrzavanja uzima u obzir tako da se snaga za ustaljeno dizanje  $P_d$  poveća za 10...20%.

**Mehanizmi za vožnju** služe za kretanje granika, odnosno vitla, ili općenito prenosa i dizala. Postoje različiti sustavi mehanizama za vožnju mosnih i portalnih granika. Osim mehanizama s centralnim pogonom, često se upotrebljavaju



Sl. 86. Mechanizam za vožnju portalnog granika 100/20 t, raspon 25 m (sl. 22). 1 i 2 pogonski podvozak granika, 3 mehanizam za vožnju, 4 elektromotor, 5 spojka s kolom kočnice, 6 reduktor, 7 vozni kotač, 8 ležaj, 9 gumeni odbojnik, 10 čistač tračnica, 11 podupora, 12 nogar portala



Sl. 87. Mechanizam za vožnju granika (KEMPKES). 1 vozni kotač bez bandažnog grebena, 2 vodeći valjčić, 3 poprečni nosač, 4 reduktor, 5 motor s kočnicom

pojedinačni pogoni (sl. 86) na svakoj strani granika ili na četiri ugla granika (pojedinačni pogon na 4 kotača) da bi se izbjegla dugačka osovina uzduž mosta granika. Pojedinačni pogon ima prednost već ako je raspon granika veći od 14 m. Često takvi pogoni imaju vozne kotače bez bandažnog grebena, pa za vođenje po tračnici služe postrani valjčići (sl. 87). Zbog malog razmaka tračnica mehanizmi za vožnju vitla imaju obično centralni pogon (sl. 88). Tada je na svakoj strani najmanje jedan od kotača pogonski.

Proračun mehanizma za vožnju mnogo je složeniji od proračuna mehanizma za vožnju granika. Omjer mase neopterećenog vitla i mase potpuno opterećenoga iznosi od 1:5 do 1:10. Snagu motora treba odrediti za maksimalno opterećeno vitlo, pa je za neopterećeno vitlo ona suviše velika, što može nepovoljno utjecati na prilike tokom polaska vitla.

*Snaga za ustaljenu vožnju pri punom opterećenju* iznosi

$$P_v = \frac{W_v v_v}{\eta} + \frac{S w_{v_j} v_v}{\eta}, \quad (19)$$

a snaga ubrzavanja

$$P_u = m_v \frac{v_v}{t_p} \cdot \frac{v_v}{\eta} + \frac{M_u \omega_o}{\eta}, \quad (20)$$

gdje je  $W_v$  otpor vožnje vitla, odnosno granika,  $v_v$  brzina vožnje,  $\eta \approx 0,8 \dots 0,9$  ukupna korisnost pogonskog mehanizma,  $S$  površina izložena vjetru,  $w_{v_j}$  pritisak vjetra,  $m_v$  ukupna masa vitla, odnosno granika, a  $t_p$  trajanje polaska ( $t_p \approx 2 \dots 15$  s; kraće trajanje polaska vrijedi za mehanizme vitla i ostale lagane uređaje).

Drugi član u izrazu za  $P_v$  (19) obuhvaća potrebnu snagu zbog djelovanja vjetra, pa dolazi u obzir samo za granike na otvorenom prostoru. Pri proračunu mehanizma za vožnju snagu ubrzavanja  $P_u$  (20) treba uvijek provjeriti. Dio te snage, drugi član izraza (20), koji se odnosi na mase koje rotiraju relativno je malen, pa se on može ili potpuno zanemariti ili uzeti u obzir tako da se prvi član poveća za 10...20%.

**Mehanizmi za okretanje** omogućuju okretanje ili zakretanje granika. Služe u okretnim granicima za okretanje gornjeg dijela granika na kojem je pričvršćen dohvativnik. Za prenosila kontinuirane dobave mehanizmi za okretanje rijetko se upotrebljavaju, npr. za zakretanje trakastog konvejera, tzv. odlagača pri utovaru komadne robe na teretnjak.

Veza gornjeg okretnog dijela granika s donjim postoljem prikazana je na sl. 37, a konstrukcija mehaničkog mehanizma za okretanje na sl. 89. Mali zupčanik zahvaća prsten koji umjesto zubi ima svornjake. Budući da brzina vrtnje granika  $n_g$  najčešće iznosi  $1 \dots 3,5 \text{ min}^{-1}$ , a brzina vrtnje motora  $n_m$   $750 \dots 1000 \text{ min}^{-1}$ , prijenosni je omjer  $i = n_m/n_g \approx 200 \dots 1000$ . Veliku mogućnost reguliranja brzine vrtnje daju hidraulički mehanizmi za okretanje. Za pogon okretnog dijela granika, oslonjenogoga preko kotača na kružnu tračnicu, služe normalni mehanizmi za vožnju koji pokreću dio voznih kotača.

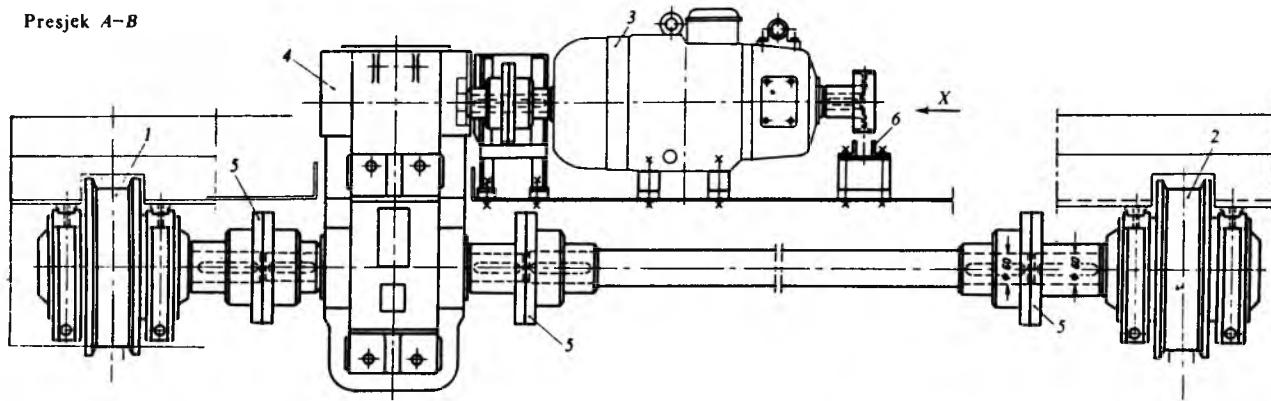
Snaga je za ustaljeno okretanje pri punom opterećenju, kad je okretište granika kuglični okretni vijenac (sl. 90a), određena izrazom

$$P_o = \frac{M_o \omega_o}{\eta} + \frac{M_{v_j} \omega_o}{\eta}, \quad (21)$$

u kojem su vrijednosti momenata

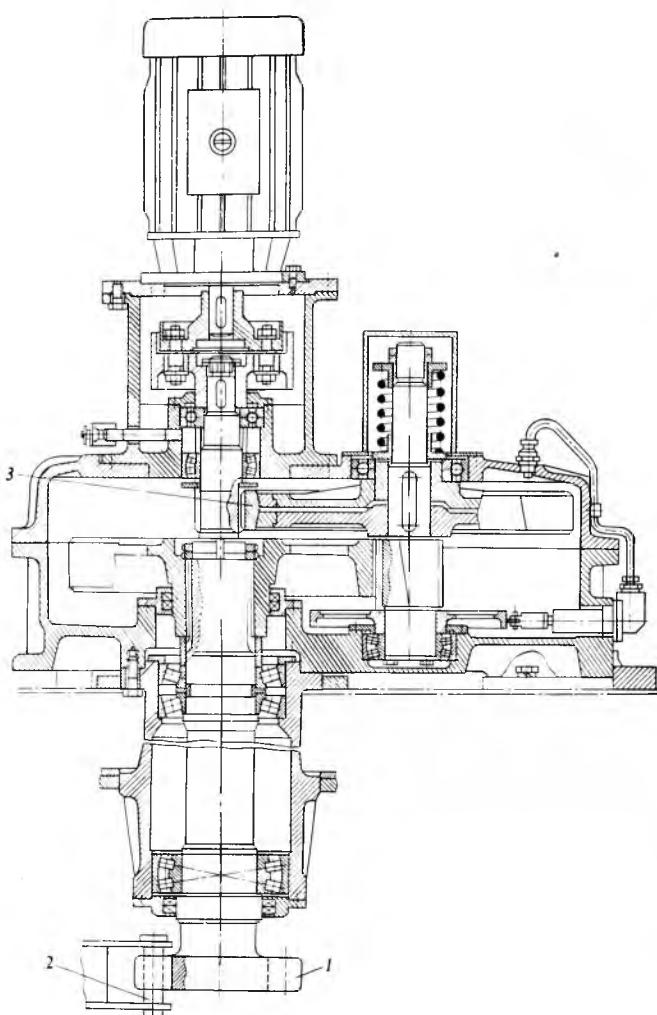
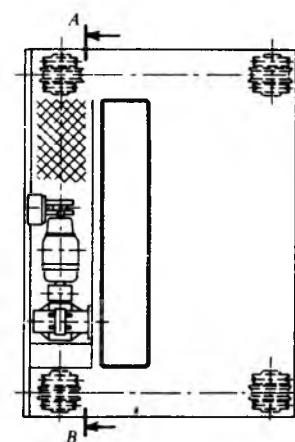
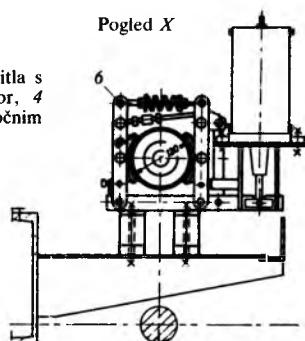
$$M_o = \mu F \frac{D_{ov}}{2}, \quad (22)$$

Presjek A-B



Sl. 88. Mehanizam za vožnju vila nosivosti 20 t. 1 i 2 nosač okvira vila s voznim kotačima (s bandažnim grebenima), 3 pogonski elektromotor, 4 dvostepeni reduktor s čeličnim zupčanicima, 5 spojka, 6 kočnica s otkočnim magnetom

Pogled X



Sl. 89. Mehanizam za okretanje. 1 zupčanik, 2 prsten velikog promjera sa svornjacima, 3 dijelovi prijenosnika

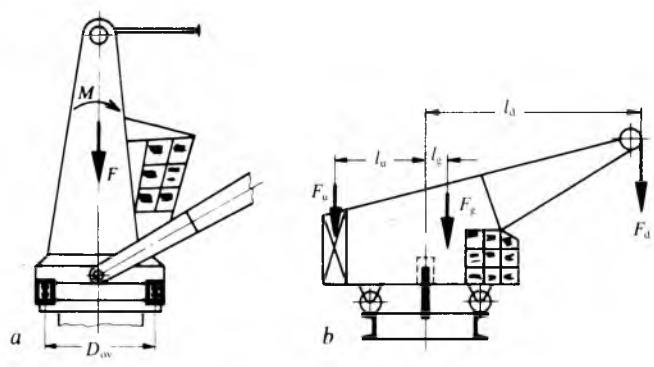
$$M_{vj} = S w_{vj} r_{vj}, \quad (23)$$

gdje je  $M_o$  moment otpora okretanja oko osi vrtnje granika,  $\omega_o$  kutna brzina okretnog dijela granika,  $\eta$  korisnost pogonskog mehanizma za okretanje ( $\eta \approx 0,6 \dots 0,8$ , relativno niske vrijednosti pojavljuju se zbog velikog prijenosnog omjera),  $M_{vj}$  moment vjetra,  $\mu$  koeficijent trenja u okretnom vijencu ( $\mu \approx 0,005 \dots 0,01$  za vezu s kuglicama ili valjcima),  $F$  sila na okretni vijenac,  $D_{ov}$  tarni promjer okretnog vijenca,  $S$  površina izložena vjetru,  $w_{vj}$  pritisak vjetra, a  $r_{vj}$  udaljenost težista površine  $S$  od osi vrtnje.

Snaga za ustaljeno okretanje pri punom opterećenju, kad je okrećešte granika okretnica s kružnom tračnicom po kojoj se kreću vozni kotači (sl. 90b), iznosi

$$P_o = \frac{W_v v_o}{\eta} + \frac{M_{vj} \omega_o}{\eta}, \quad (24)$$

gdje je  $W_v$  otpor vožnje, a  $v_o$  obodna brzina okretnog dijela granika na kružnoj tračnici (obodna brzina voznih kotača).



Sl. 90. Okretiše granika. a pomoću kugličnog okretnog vijenca, b pomoću okrećnice s kružnom tračnicom.  $F_d$  sila dizanja,  $F_g$  vlastita težina,  $F_u$  sila protutegu

## PRENOSILA I DIZALA

Snaga ubrzavanja iznosi

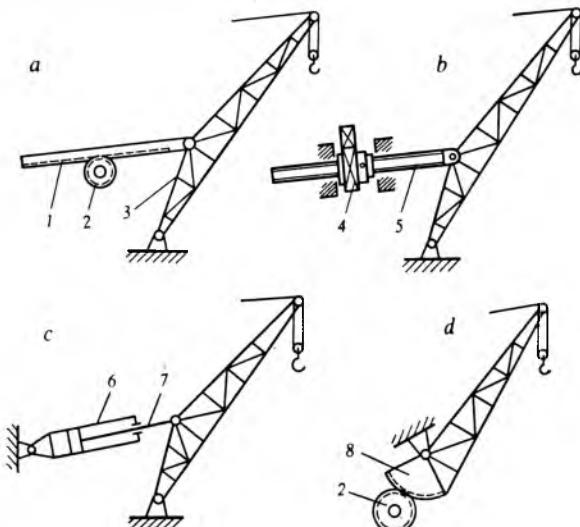
$$P_u = \frac{M_u \omega_o}{\eta}, \quad (25)$$

a moment je ubrzavanja

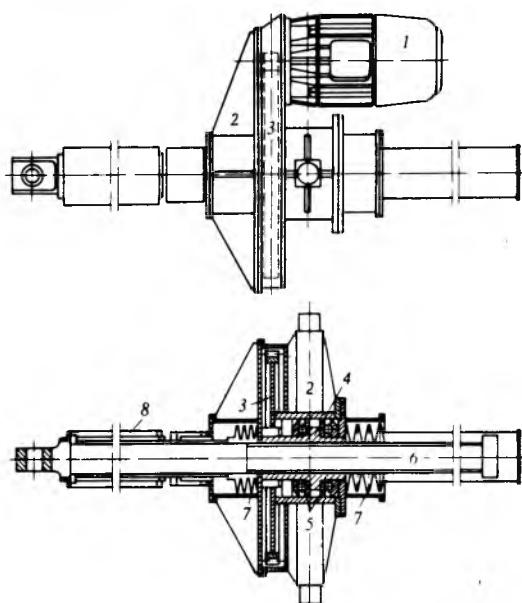
$$M_u = \Sigma J \alpha \approx (m_d l_d^2 + m_g l_g^2 + m_u l_u^2) \frac{\omega_o}{t_p}, \quad (26)$$

gdje je  $\Sigma J$  zbroj momenata inercije masa, koji se odnosi na masu dizanja  $m_d$ , vlastitu masu  $m_g$  i masu protutugeta  $m_u$ . Zbog toga što su te mase velike, a velike su i udaljenosti njihovih težišta od osi vrtnje ( $l_d$ ,  $l_g$ ,  $l_u$ ), često se mogu zanemariti mase koje rotiraju u pogonskom mehanizmu za okretanje. Prema tome reduciranje mase na osovinu motora nije potrebno. Trajanje polaska  $t_p$  odabire se slično kao u mehanizama za vožnju.

**Mehanizmi za pomicanje dohvavnika** služe skoro jedino za uvlačenje dohvavnika granika pod teretom. Takvi mehanizmi mogu biti mehanički i hidraulički.



Sl. 91. Mehanizmi za pomicanje dohvavnika. a) mehanizam s ozubnicom, b) mehanizam s navojnim vretenom, c) hidraulički mehanizam, d) mehanizam s ozubljenim segmentom; 1 ozubnica, 2 mali zupčanik, 3 dohvavnik, 4 matica navojnog vretena, 5 navojno vretno, 6 tlačni cilindar, 7 stupajica, 8 ozubljeni segment



Sl. 92. Mehanizam za pomicanje dohvavnika pomoću navojnog vretena (Demag). 1 elektromotor s kočnicom, 2 okrilje s okretnim čepovima, 3 zupčani prijenosnik, 4 matica navojnog vretena, 5 kuglični ležaji, 6 navojno vretno, 7 tanjuraste opruge, 8 teleskopska zaštitna cijev

Mehanički mehanizam pomiče dohvavnik pomoću užeta, ozubnice (sl. 91a) ili navojnog vretena (sl. 91b). Postoje i drugačije izvedbe kao što je npr. ozubljeni segment u koji zahvaća mali pogonski zupčanik (sl. 91d). Za pomicanje pomoću užeta mora dohvavnik u svakom položaju vući uže, jer užeta mogu preuzeti samo vlačne sile. Mehanizmi za pomicanje dohvavnika pomoću navojnog vretena često se primjenjuju jer su jednostavniji i manjeni, pa se lako smještaju u malom prostoru (sl. 92). Iz istih se razloga često primjenjuju i mehanizmi za pomicanje dohvavnika pomoću ozubnice.

Hidraulički mehanizmi (sl. 91c) najčešće pomiču dohvavnik pomoću obostrano djelujućih tlačnih cilindara. Hidraulički se mehanizmi mnogo primjenjuju na voznim granicima.

Za pomicanje dohvavnika pomoću navojnog vretena elektrmotor preko zupčanog prijenosa okreće maticu vretena. Time se pomiče navojno vretno koje je povezano s dohvavnikom. Već prema smjeru vrtnje dohvavnik se uvlači ili izvlači. Kočnica elektromotora drži čvrsto dohvavnik u svakom položaju.

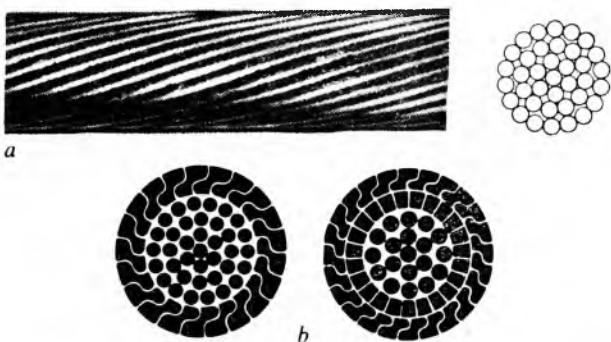
#### Elementi granika

**Čelična užad.** Kao nosivi elementi prenosa i dizala najčešće se upotrebljavaju čelična užad i lanci. Ako se zahtijevaju velike brzine uz miran hod, upotrebljava se užad, jer lanci pri velikim brzinama imaju nemiran hod. Užad je nekoliko puta lakša od lanaca iste nosivosti, ali je potreban bubanj za namatanje, koji je mnogo teži od lančanika što služi za povlačenje lana. Velika je prednost užadi pred lancima u njihovoј sigurnosti, jer se opasnost da se uže pretrgne može na vrijeme primjetiti (prekid pojedinih žica).

Čelična je užad obično sastavljena od mnoga žica koje su u jednostruko ili višestrukoj zavojnici ovijene oko jezgre užeta. Čvrstoča je žica velika (1300, 1600 i 1800 N/mm<sup>2</sup>), a postiže se vučenjem u hladnom stanju. Postoji mnogo različitih vrsta čeličnih užeta, koja se međusobno razlikuju prema načinu izradbe. U osnovi razlikuju se spiralna, pramena i kabelna užad.

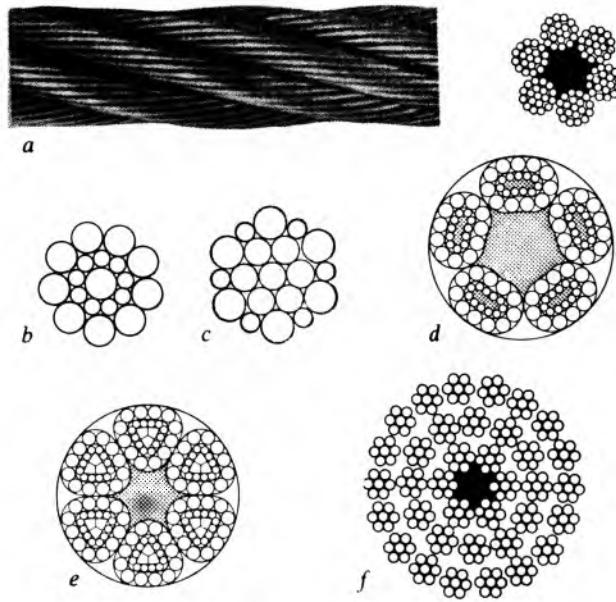
**Spiralna užad.** Omota li se oko jedne žice kao jezgre nekoliko redova žica, dobiva se spiralno čelično uže. To je uže sa žicama koje čine jednostruku zavojnici. Žice za spiralnu užad relativno su debele i dobro ispunjavaju presjek užeta. Prijelomna je sila spiralne užadi velika, ali njihova savitljivost je malena. Spiralna se užad upotrebljava samo kao nepokretna užad (nosiva užad za žičare i kabelne granike, užad za mostove i sl.).

Razlikuje se: otvorena spiralna užad (sl. 93a) koja se izrađuje samo od žica okruglog presjeka i potpuno zatvorena spiralna užad (sl. 93b) sa žicama oblikovanog presjeka koje su najčešće smještene po obodu užeta. Žice u obliku slova Z daju užetu glatku površinu i onemogućuju iskakanje puknutih žica, pa pri pregledu užeta to otežava da se otkriju puknute žice. Zbog glatke površine zatvorenoga spiralnog užeta kotači se po užetu lako kreću i pri tom ga vrlo malo troše, a voda teže prodire u takvu užad, što smanjuje unutrašnju koroziju. Da bi se zadržale prednosti potpuno zatvorene užadi i ublažio nedostatak što žice oblikovanog presjeka imaju manju vlačnu čvrstoču, proizvodi se poluzatvorena spiralna užad, ali se danas ona rijetko upotrebljava.



Sl. 93. Otvoreno spiralno uže (a) i potpuno zatvorena spiralna užad (b)

*Pramena užad.* Omota li se jedan ili više redova žica oko jezgre, koja može biti jedna žica ili sastavljena od 3...5 žica, ili neka mekana jezgra (npr. od konoplje), dobiva se pramen. Omota li se red pramenova oko neke jezgre, dobiva se čelično uže, koje se naziva pramenim užetom (sl. 94). To je uže sa žicama koje čine dvostruku zavojnicu. Samo se pramena užad upotrebljava kao *pokretna užad*, jer se zbog velike gipkosti lako namata na bubenj i lako prelazi preko užetnika. Pramena užad može biti upredena udesno ili ulijevo, pa postoji *desnovojna* i *ljevovojna užad*. Obje vrste užadi mogu se izraditi kao *križano upredena užad* i kao *istosmjerno upredena užad*. U križano upredenoj užadi žice su upredene u pramen u obrnutom smjeru, nego što su pramenovi upredeni u uže. U istosmjerno upredenoj užadi i žice i pramenovi upredeni su u istom smjeru. Za granike se gotovo uvijek upotrebljava križana užad, jer se ne odvrće, ili se malo odvrće. Uz isti broj prekinutih žica čvrstoća se križano upredene užadi manje smanjuje nego istosmjerno upredene. Križano je upredena užad kruća, pa joj je i trajnost manja. Nedostatak je istosmjerno upredene užadi u tomu što se odvrće i što se opterećena znatno produljuje, a rasterećena opet steže, pa se lako stvaraju petlje. Zbog toga se istosmjerno upredena užad upotrebljava na mjestima gdje uže ostaje neprestano dovoljno zategnuto i gdje su mu oba kraja tako pričvršćena da se ne može odviti, npr. u liftovima ili na kabelnim granicima.



Sl. 94. Pramena užad. a sa žičanom ispunom, b tip Seale, c tip Warrington, d s plosnatim pramenovima, e s trokutastim pramenovima, f prameno spiralno uže

Izbor desnovognog ili ljevovognog užeta ovisi o načinu namatanja na bubenj. Kad su oba kraja užeta pričvršćena na bubenj, može se upotrijebiti bilo koja od dviju vrsta užeta.

Isprrva je pramena užad izradivana od žica jednakih promjera. Sve žice takva užeta imaju isti kut uspona zavojnice. Takva se užad naziva *normalno upredena užad*, i obično se upotrebljava kao vlačni element za vitla, granike, bagere i sl. Kasnije se u SAD počela proizvoditi, zbog jednostavnije proizvodnje, *paralelnu upredenu užad*. Žice u pramenovima te užadi imaju istu visinu hoda zavojnice, ali različite kutove uspona i različite promjere pojedinih žica (sl. 94b i c). Time je osigurano da žice u pramenu leže paralelno i da se ne križaju kao u normalno upredenoj užadi. Zbog toga je paralelno upredena užad vrlo gibljiva i duže traje od normalno upredene užadi, pa se sve više upotrebljava iako je skuplja od normalno upredene. Sve žice pramena paralelno upredenog užeta upredju se u pramen samo u jednoj proizvodnoj fazi, dok za izradbu normalno upredene užadi za svaki red žica u pramenu potrebna je posebna proizvodna faza.

Da bi se površina nalijeganja povećala, veoma se opterećena užad izrađuje s *plosnatim pramenovima* (94d) ili s *trokutastim pramenovima* (sl. 94e).

Posebna je vrsta užeta *prameno spiralno uže* (sl. 94f) koje se može tako izraditi da se ne odvrće kad na njemu slobodno visi teret. Svaki se red pramenova uprede u suprotnom smjeru od prethodnoga, ali moraju postojati najmanje tri reda pramenova da se osigura neodvrtanje. Pramena spiralna užad upotrebljava se kad su visine dizanja velike, i kad teret slobodno visi na jednom užetu, bez vođenja, npr. na toranskom okretnom graniku.

Kad se obično čelično uže presječe, raspletu se pramenovi užeta i žice pramenova zbog unutrašnjih naprezanja koja nastaju za vrijeme upredanja užeta. Da bi se ta naprezanja što više smanjila, primjenjuju se različite metode zasnovane, npr., na plastičnoj promjeni oblika žica, odnosno pramenova, prije ili nakon upredanja u uže. Takvoj *umrtvijenoj užadi (užadi s malim naprezanjem)* ne raspleću se ni pramenovi ni žice nakon što su presjećene u neopterećenom stanju. Umrtvljeno uže ne stvara petlje.

*Kabelna užad* proizvodi se tako da se red pramenih užeta omota oko neke jezgre. Žice kabelnog užeta čine trostruku zavojnicu. Danas se za prenosila i dizala kabelna užad ne upotrebljava.

*Dimenzioniranje čelične užadi* na temelju naprezanja u užetu nesigurno je i teško, jer je uže ispleteno od mnogo žica i jer u užetu osim vlačnih naprezanja i naprezanja na savijanje postoje još i naprezanja nastala pri upredanju užeta. Zbog te nesigurnosti užeta se dimenzioniraju prema iskustvu i ispitivanjima. Prema njemačkim propisima (DIN 15020), promjer užeta, te promjer bubenja i užetnika određuju se na iskustvenim i eksperimentalnim podacima. Najmanji promjer (mm) čeličnog užeta dobiva se iz izraza

$$d_{\min} = k \sqrt{F_{\max}}, \quad (27)$$

a promjer bubenja i užetnika ( $D$ ) ovisi o omjeru  $D/d$  za koji su za različite prilike odredene minimalne vrijednosti od 14...28. U izrazu (27) sila  $F_{\max}$  (N) označuje maksimalnu vučnu силу u užetu, a faktor  $k$  je iskustveni koeficijent koji za užeta granika ima vrijednost 0,09...1,14, što odgovara stupnju sigurnosti 4,5...11,2 ako se uzme u obzir samo opterećenje na vlak.

Nepokretna se užad dimenzionira prema izrazu

$$F_1 \geq SF_{\max}. \quad (28)$$

To znači da sila loma užeta  $F_1$  ne smije biti manja od maksimalne vučne sile u užetu  $F_{\max}$  pomnožene sa stupnjem sigurnosti  $S$ .

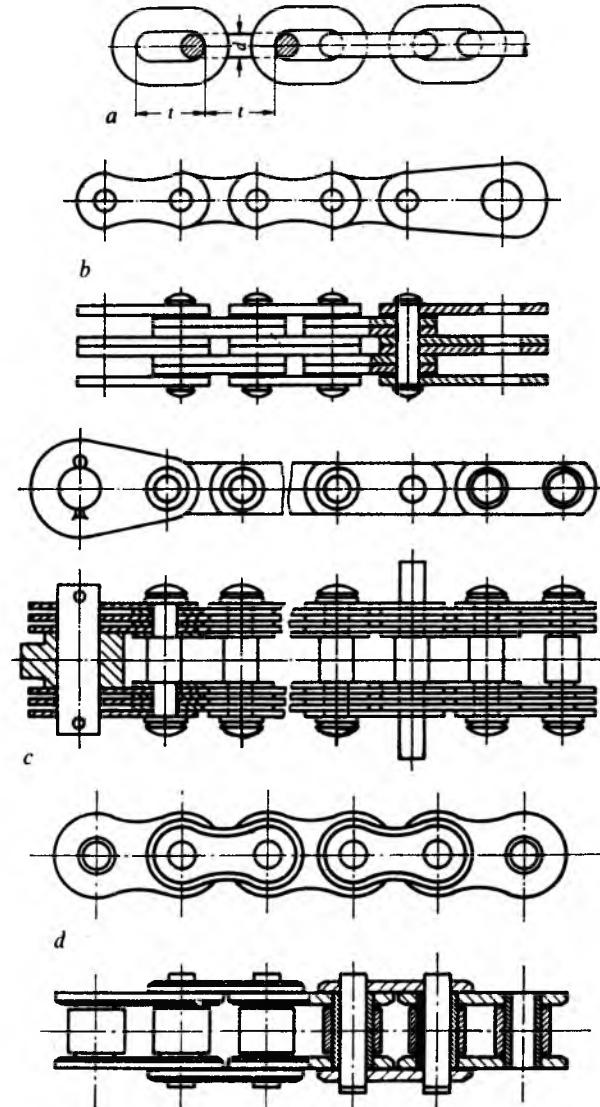
Prema novim spoznajama nosivo se uže ne dimenzionira samo na osnovi sigurnosti, nego i na osnovi omjera poprečne i uzdužne sile u užetu  $F_{kt}/F$ , čime se uzima u obzir trajnost užeta.  $F_{kt}$  je sila kojom vozni kotač djeluje na uže, a  $F$  je uzdužna sila u užetu. Karakteristična vrijednost omjera  $F_{kt}/F$  za kabelne granike iznosi 1/30...1/60.

*Lanci* se upotrebljavaju za zavješenje tereta za kuke, za nošenje tereta (nosivi lanci), za pogon (pogonski lanci) i kao vučni elementi na prenosilima kontinuirane dobave. Dobre su strane lanaca što omogućuju zakretanje s veoma malim polumjerom zakretanja, što su otporniji prema koroziji i trošenju, i što im je gipkost veoma velika. Loše su strane lanaca: velika vlastita težina, mala brzina hoda, veća osjetljivost na udarno opterećenje, preopterećenje i niske temperature, te mogućnost iznenadnog loma.

Lanci se razvrstavaju u kolutne lance, koji se mogu gibati u svim smjerovima u prostoru, i u zglobove lance, koji se mogu redovno skretati samo u jednoj ravnini. Imaju mnogo različitih vrsta zglobovnih lanaca, pa i takvih koji se mogu gibati u svim smjerovima u prostoru, npr. specijalni lanci za kružne viseće transportere.

*Kolutni lanci* (sl. 95a) često se upotrebljavaju za zavješenje tereta na kuku. Dosta rijetko služe kao nosivi dijelovi, uglavnom samo za ručne pogone. U posljednje se vrijeme upotrebljavaju i za električne čekrke malih nosivosti, jer omogućuju konstrukcije malih volumena.

Kolutni lanci sa člancima izrađenim na točnu mjeru da bi mogli prelaziti preko lančanika nazivaju se *kalibriranim lancima*, za razliku od *nekalibriranih lanaca*. Hod lanaca je nemiran, pa se ne upotrebljavaju za velike brzine. Brzina hoda kalibriranih lanaca obično nije veća od 0,1 m/s. Brzina ručnih lanaca za pokretanje lančanika može biti i veća od 1 m/s.



Sl. 95. Izvedbe lanaca. a kolutni lanac, b Fleyerov lanac, c Gallov lanac, d valjkasti lanac, e rastavljeni zglobni lanac, f svorni lanac, g lanac s križnim zglobovima (WULF), h prostorno gibljivi lanac sa svornjakom

Članci se lanca proračunavaju samo na vlak, iako su opterećeni i na savijanje. Prema tome naprezanje je lanca

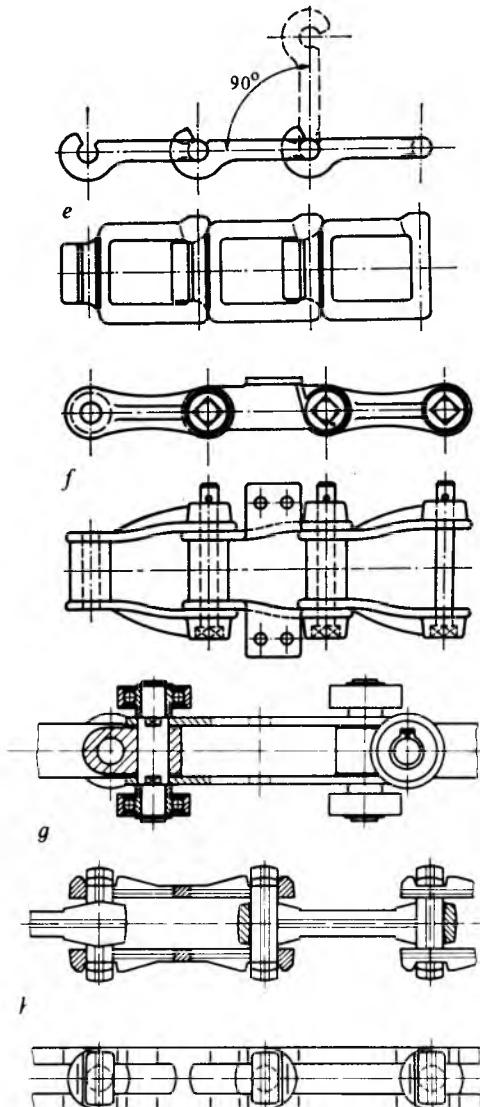
$$\sigma_v = \frac{F}{\frac{d^2 \pi}{4}}, \quad (29)$$

gdje je  $F$  sila kojom je opterećen lanac, a  $d$  promjer članka lanca. Dopushteno naprezanje na vlak za lance normalne kvalitete iznosi  $60 \text{ N/mm}^2$ , za poboljšane lance  $80 \text{ N/mm}^2$ , a za luke lance  $125 \dots 200 \text{ N/mm}^2$ , već prema kvaliteti.

Postupak s lancima i nadzor u pogonu mora biti veoma savjestan. Moraju se redovito mazati da im se uspori trošenje. Lanci od normalnog materijala na temperaturama nižim od

$-20^\circ \text{C}$  smiju se opteretiti samo polovicom svoga normalnog opterećenja, a poboljšani lanci ne smiju se upotrebljavati na temperaturi višoj od  $+200^\circ \text{C}$ . Kolutne lance treba najmanje dva puta godišnje savjesno pregledati da bi se ustanovilo nije li koji članak oštećen ili deformiran. Nakon svakog drugog ili trećeg pregleda treba izvršiti i propisano pokušno opterećenje lanca. Lance kojima je na bilo kojemu mjestu smanjen promjer za više od 20% ili povećana duljina članka ( $t$  na sl. 95a) za više od 5% treba odbaciti.

*Zglobni lanci* upotrebljavaju se kao nosivi, pogonski i vučni lanci. Izrađeni su od lamela i od dijelova zgloba. Oni omogućuju veću brzinu i osiguravaju veću pouzdanost nego



kolutni lanci. Takvi se lanci mogu veoma različito oblikovati, pa im je i primjena veoma raznovrsna.

U prvu grupu zglobovnih lanaca spadaju *Fleyerov lanac* (sl. 95b) i *Gallov lanac* (sl. 95c). Lamale se tih lanaca izrađuju od C.0645 (St 60-2), a svornjaci od C.0545 (St 50-2). Površine su zglobova male i veoma opterećene, pa brzine lanaca ne mogu biti veće od 0,5 m/s. Fleyerov lanac se upotrebljava kao lanac za protutege, lanac za dizanje viljuškara, lanac za okretanje na kovačkim granicima i sl. Gallov lanac služi kao nosivi lanac za dizanje velike nosivosti i male visine dizanja, jer se takav lanac može izraditi za prijenos sile do 300 kN. Gallovi lanci služe i kao vučni lanci za prenosila kontinuirane dobave manjih brzina.

U drugoj grupi, u koju se mogu uvrstiti različiti pogonski lanci, nalaze se i *valjkasti lanci* (sl. 95d). Takvi lanci kao pogonski lanci mogu se upotrijebiti do najvećih snaga (do  $\sim 400$  kW) i najvećih brzina (do  $\sim 40$  m/s). Duljina članka lanca iznosi 6...76,2 mm. Valjkasti lanci s dugačkim člancima upotrebljavaju se kao vučni lanci za sve vrste prenosila kontinuirane dobave, za dizala i viljuškare.

U posljednju grupu lanaca uvrštava se čitav niz različitih vučnih lanaca. Za jednostavni prijenos upotrebljava se *rastavljeni lijevani lanac* (sl. 95e) i *svorni lanac* (sl. 95f).

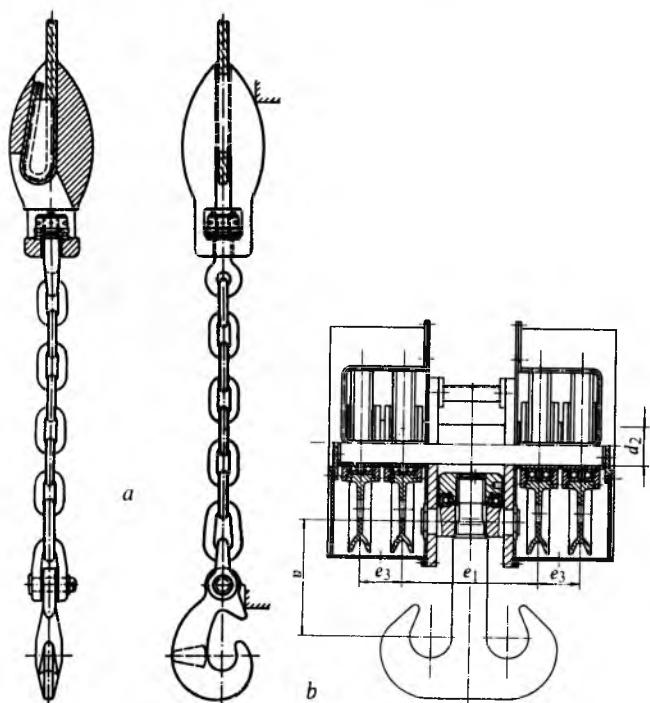
Rastavljeni lijevani lanac izrađuje se od temperovanog lijeva ili čeličnog lijeva. Dopuštene vučne sile lanca i brzine iznose 5,8 kN i 2 m/s. Članci svornog lanca izrađeni su od temperovanog lijeva ili čeličnog lijeva i povezani su čeličnim svornjakom, a dopuštena vučna sila i brzina iznosi 12 kN i 4 m/s. Lanci malih brzina računaju se samo na vlast uz stupanj sigurnosti od 4...10.

Trasa kružnoga visećeg transporterja gotovo uvijek zahtjeva da se vučni lanac može gibati u svim smjerovima u prostoru. U tu se svrhu najčešće upotrebljavaju *lanci s križnim zgloboom* (sl. 95g) i *prostorno gibljivi lanci sa svornjakom* (sl. 95h). Normalne izvedbe takvih lanaca dopuštaju vučne sile do  $\sim 50$  kN, uz približno deseterostruku sigurnost. Za manje sile upotrebljavaju se i kolutni lanci.

Kolutni i zglobni lanci izrađuju se i od sintetskih materijala. Njihova je čvrstoća manja, ali ne rđaju i ne moraju se mazati. Primjenjuju se primjerice za prenosila rashladnih postrojenja, gdje rashladna voda dolazi neprestano u dodir s lancima.

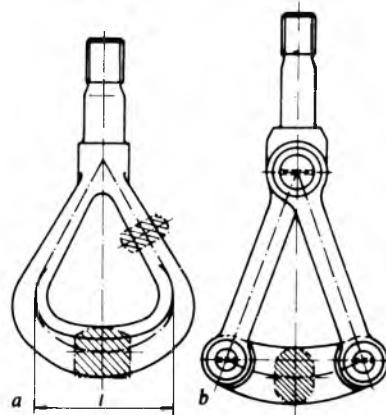
**Sredstva za prihvatanje tereta** nalaze se na svakom prenosilu i dizalu. Ona trebaju biti tako građena da mogu u kratkom vremenu teret prihvati i otpustiti, i to po mogućnosti bez posebnog zahvata. Također trebaju biti tako konstruirana i oblikovana da su u pogonu sigurna i da ne uzrokuju nesreće, da ne oštećuju teret, a težina im treba biti što manja da se što više smanji pasivni teret.

*Kuke* na granicima male nosivosti s jednim užetom za dizanje (npr. lučki granici za komadnu robu ili toranjski okretni granici) pričvršćene su na uže za dizanje gotovo uvijek uz dodatni uteg koji omogućuje nesmetano spuštanje prazne kuke (sl. 96a). Da bi se postigla veća gibrivost, uvrštava se kratak lanac između kuke i užeta. Tamo gdje postoji više užeta s udvojenim koloturnicima, u sklopu kuke se nalazi potreban broj užetnika (sl. 96b). Tada kuka ima u svome nosaču aksijalni ležaj, pa se može okretati.



Sl. 96. Kuke. a kuka lučkog granika (MAN), b sklop kuke sa 4 užetnikom

**Stremen.** Za najteže se terete (više od 100 t) umjesto kuke upotrebljavaju stremeni. Stremen je lakši od kuke, ali se teret teže veže za stremen. Stremen može biti jednodijelni (sl. 97a) i trodijelni (sl. 97b).

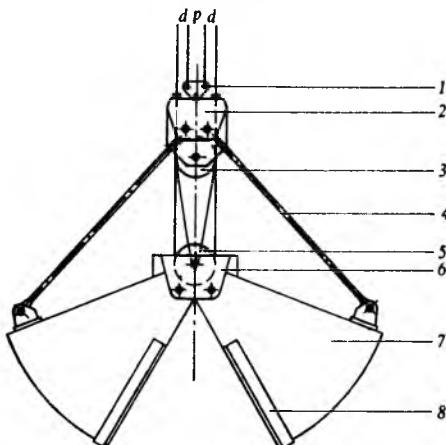


Sl. 97. Stremen. a jednodijelni stremen, b trodijelni stremen

**Zahvatači** služe za zahvat i prijenos sipkog materijala (ugljena, koksa, pijeska, rudače, kamena). Da bi se postigao visok stupanj punjenja zahvatača, treba uskladiti oblik čeljusti, vlastitu masu i silu zatvaranja s nasipnom gustoćom materijala, veličinom zrna, odnosno gruda, i tvrdoćom materijala. Tako npr. za sipki materijal s grudama do  $\sim 150$  mm najčešće se upotrebljavaju zahvatači sa dvije čeljusti, a za krupnogrudast materijal oni sa pet do šest čeljusti. Zahvatači za drvo i seme imaju poseban oblik čeljusti.

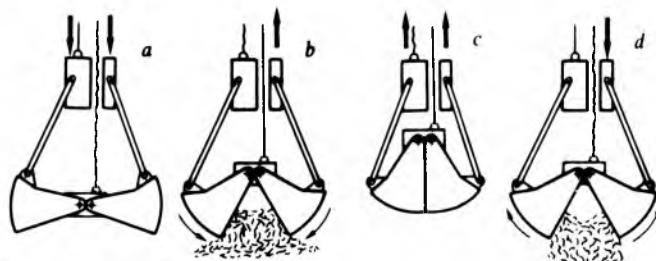
Prema načinu zatvaranja zahvatača razlikuju se: užetni zahvatači, motorni, hidraulički i pneumatski zahvatači.

**Višeuzetni zahvatač s motkama** (sl. 98) ima vertikalno smješten kolotur za zatvaranje i tlačne motke. Takvi zahvatači zahtijevaju vitlu posebne konstrukcije, jer pogonski mehanizam za dizanje treba omogućiti i zatvaranje i otvaranje zahvatača. Zahvatač ima uže za dizanje ili zatvaranje i uže za pražnjenje ili držanje. Većina zahvatača ima dva užeta za dizanje i dva za pražnjenje. Pri spuštanju otvorenog zahvatača užeta se odmataju s obaju bubnjeva, zahvatač visi na užetu za pražnjenje, a uže za dizanje je popušteno (sl. 99). Pri zatvaranju bubanj se za pražnjenje ne okreće, a uže za dizanje ili zatvaranje namata se na svoj bubanj. Nakon zatvaranja nastavlja se dizanje punog zahvatača na istom užetu, a neopterećeno se uže za pražnjenje namata na svoj bubanj. Pri otvaranju ili pražnjenju zahvatača bubanj za pražnjenje miruje, a uže za dizanje odmata se sa svog bubnja.



Sl. 98. Višeuzetni zahvatač s motkama. d uže za dizanje ili zatvaranje, p uže za pražnjenje ili držanje, 1 jednačilica, 2 glava zahvatača, 3 gornji užetnici kolotura, 4 tlačna motka, 5 donji užetnici kolotura, 6 poprečna traverza, 7 čeljust, 8 oštrica

## PRENOSILA I DIZALA



Sl. 99. Shema rada zahvatača. a srušavanje otvorenog zahvatača, b zatvaranje, c dizanje, d otvaranje ili pražnjenje zahvatača

Djelovanjem vlastite težine zahvatač se otvara. Volumen višeuzetnih zahvatača iznosi  $0,5\cdots24 \text{ m}^3$ .

Stupanj punjenja zahvatača ovisi o njegovoj vlastitoj masi, jer ona određuje vertikalnu silu na oštircu zahvatača i time prodiranje zahvatača u materijal. Ta je sila odredena izrazom

$$F_v = (m_v + m_p)g - \Sigma F_i , \quad (30)$$

gdje je  $m_v$  vlastita masa zahvatača,  $m_p$  postignuta masa punjenja,  $g$  ubrzanje Zemljine sile teže, a  $\Sigma F_i$  zbroj svih sila užeta. Sto je veća vlačna sila u užetu za dizanje ili zatvaranje, to je manja vertikalna sila, a time i prodiranje zahvatača u materijal. Nedostatak je zahvatača s motkama u tome što se prijenos sile zatvaranja smanjuje tokom zatvaranja. Omjer između korisne mase (izračunate mase punjenja zahvatača) i vlastite mase zahvatača, dobiven empirijski, prikazan je u tabl. 2.

Tablica 2  
POTREBNA VLASTITA MASA ZAHVATAČA  
PREMA OBUIJMU SIPINE ( $t/m^3$ )

Zrnatost, odnosno grudavost mm	Nasipna gustoća, $t/m^3$			
	0,35…1,2	1,3…1,9	2,0…2,8	2,9…3,8
0…15	0,35	0,60	0,90	1,40
16…50	0,60	0,90	1,40	2,10
51…110	0,90	1,40	2,10	3,00
111…200	1,40	2,10	3,00	4,50 <sup>a)</sup>

<sup>a)</sup> Zahvatač sa dvije čeljusti neprikladan.

*Trim-zahvatač* je višeuzetni zahvatač s horizontalno smještenim koloturom za zatvaranje, što omogućuje da prijenos sile zatvaranja raste u toku zatvaranja. Takvi su zahvatači osobito prikladni za istovar vagona i brodova, jer znatno smanjuju udio ručnog rada za potpuno pražnjenje tih vozila.

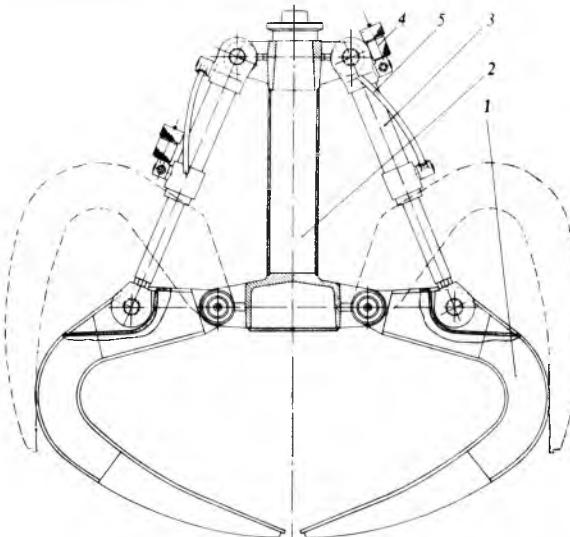
*Mehanički jednoužetni zahvatači* vise na jednom užetu. Obično se ovjese o kuku normalnog granika, pa kad zatreba mogu se lako skinuti. Posebni mehanički uređaji otvaraju i zatvaraju zahvatač, pa je zato skuplji od višeuzetnih iako ima manji učinak. Manji pretovarni učinak, komplikirana konstrukcija i nespretno rukovanje razlog su da jednoužetne zahvatače potiskuju motorni zahvatači koji imaju iste prednosti, ali bolja pogonska svojstva. Mehanički jednoužetni zahvatači upotrebljavaju se samo tamo gdje se pretežno radi kukom, a samo rijetko zahvatačem.

*Motorni zahvatači* koriste se mehanizmom za dizanje s jednim bubenjem na vitlu granika. Zahvatač se zatvara i otvara pomoću električnog pogona s mehaničkim ili hidrauličkim prijenosnikom. Pogon je smješten u glavi zahvatača kojemu volumen obično iznosi  $0,5\cdots8 \text{ m}^3$ .

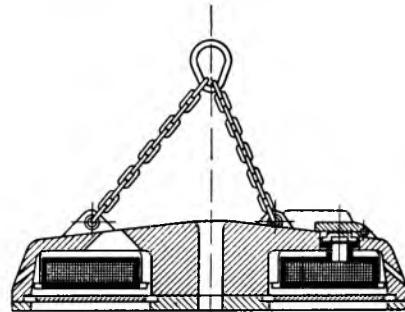
*Hidraulički zahvatači* (sl. 100) upotrebljavaju se samo na prenosilima i dizalima s hidrauličkim pogonom. Razlikuju se od motornog zahvatača s hidrauličkim prijenosnikom što nemaju pogonskog motora u glavi zahvatača.

*Magnetski zahvatači*. Za dizanje i prijenos čeličnih otpadaka, strugotine, limova, profilnog željeza i tračnica često se upotrebljavaju magnetski zahvatači (sl. 101). Njihovo je dobro svojstvo što otpada vrijeme potrebno za vješanje tereta, pa

se veoma povećava učinak prijenosa. Oni su ekonomični unatoč potrošku struje za držanje tereta i prijenos vlastite mase magneta. Sposobnost nošenja magneta mnogo ovisi o obliku materijala koji se prenosi. Tako npr. okrugli magnet promjera 1 m, vlastite mase  $\sim 1 \text{ t}$  i snage 4 kW može podići čelični blok od  $\sim 10 \text{ t}$ , ali samo 500 kg željeznih hljebaca ili najviše 200 kg čelične strugotine. Uobičajene su nosivosti magneta  $2\cdots25 \text{ t}$ , najviše  $\sim 30 \text{ t}$ . Nedostatak je magneta što pri nestanku struje teret padne. Da bi se nakon prekida struje magnetska sila još neko vrijeme zadržala, često se predviđa sigurnosni električni akumulator. Magneti mogu dizati samo feromagnete materijale.



Sl. 100. Hidraulički zahvatač s više čeljusti vlastite mase 0,35 t (VEB Weimar-Werk). 1 čeljust (5 komada), 2 srednji dio, 3 radni cilindar (5 komada), 4 spojka dovodnog crijeva, 5 crijevo



Sl. 101. Okrugli magnet

*Vakuumska hvatala*. Takva su hvatala prikladna za materijal s osjetljivom površinom, ali se ne mogu upotrijebiti za materijale s neravnim površinama. Vakuumska hvatala rade tako da se u prihvatom tanjuru, priljubljenom uz transportirani predmet, proizvede podtlak, a time i sila privlačenja.

*Kočnice*. Pri konstrukciji i gradnji prenosila i dizala treba veoma paziti na izbor i sigurnost kočnica.

Postoji mnogo različitih kočnica koje se međusobno razlikuju prema načinu transformiranja energije, prema svrsi i prema konstrukciji. Prema načinu transformiranja energije postoje mehaničke i električne kočnice, a prema svrsi zaustavne kočnice, kočnice za spuštanje i kočnice za držanje.

*Zaustavne kočnice* služe za zaustavljanje granika ili vitla. Pri tom se kinetička energija masa u gibanju transformira u toplinu. Zaustavne kočnice često se grade da mogu ujedno služiti i kao kočnice za držanje. To dolazi u obzir kad kočnice moraju sprječiti kretanje granika izvan pogona koje je uzrokovao vjetar.

Obično zaustavne kočnice zaustavljaju granik, odnosno vitlo iz pune brzine do potpunog zaustavljanja. Ima, međutim,

izvedaba kad se brzina granika najprije smanji električnim kočenjem, a tek se za potpuno zaustavljanje upotrijebi zaustavna kočnica.

Kočnice za spuštanje preuzimaju za vrijeme spuštanja tereta oslobođenu potencijalnu energiju i time održavaju potrebnu brzinu spuštanja. One, dakle, služe za regulaciju brzine spuštanja tereta. Često se izvode kao električne kočnice, tako da u toku spuštanja tereta elektromotor radi kao generator.

Kočnice za držanje drže teret na određenoj visini kad je isključen motor za dizanje. Budući da te kočnice trebaju i zaustaviti teret koji se spušta određenom brzinom, one moraju transformirati u toplinu kinetičku energiju tereta, kinetičku energiju mase dijelova pogonskog mehanizma za dizanje koji rotiraju i potencijalnu energiju tereta na njegovu putu zaustavljanja. Te će kočnice transformirati u toplinu samo dio spomenute energije ako se prije njihova aktiviranja upotrijebi električno kočenje.

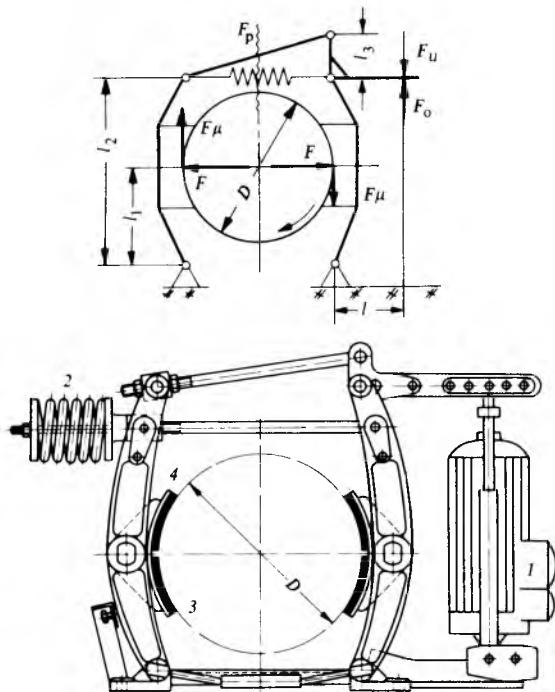
Uredaj za kočenje preuzima ili samo jednu od tri navedene funkcije, ili više njih.

Mehaničke se kočnice prema konstrukciji mogu razvrstati u dvije glavne skupine: *čeljusne i pojasne kočnice*, iako postoji i niz drugih konstrukcija kao npr. *stožaste, lamelne i centrifugalne kočnice*.

*Čeljusne kočnice* najčešće se izrađuju kao dvočeljusne, s čeljustima što djeluju izvana, jer se tako ne opterećuje osovina kočnice na savijanje i jer je sila potrebna za kočenje manja nego u jednočeljusnoj kočnici. Kočnicu silu proizvode pera ili utezi. Kočnicu otpuštaju elektromagneti, elektromehanički ili elektrohidraulički otkočnici, koji se uključuju zajedno s pogonskim elektromotorom. Kočenje se postiže pritiskom čeljusti kočnice, presvučene oblogom. Za mehaničke kočnice upotrebljavaju se obloge od materijala s osobito visokim koeficijentom trenja ( $\mu = 0,15 \dots 0,65$ ). Prikladnost obloge ovisi, osim o koeficijentu trenja, o dopuštenoj temperaturi i o dopuštenom površinskom pritisku.

Kočnica se postavlja što bliže pogonskom motoru, najbolje na njegovu osovinu, jer tamo je okretni moment najmanji, pa je i kočnica manja i jeftinija.

Kad se dimenzionira dvočeljusna kočnica (sl. 102), najprije se odabere promjer kola kočnice, koji ovisi o dopuštenom



Sl. 102. Dvočeljusna kočnica (Demag) s vanjskim perom kočnice i elektrohidrauličkim (eldro) otkočnikom. 1 eldro-otkočnik, 2 pero kočnice, 3 kolo kočnice, 4 čeljus kočnice s oblogom,  $F_o$  sila otpuštanja kočnice na otkočniku

specifičnom površinskom pritisku obloge čeljusti i termičkom opterećenju kočnice. Promjer se kola odabire prema iskustvu, a ovisan je o snazi motora. Nakon proračuna dimenzija kočnice za forsrirani pogon potrebno je pomoću toplinske bilance provjeriti termičko opterećenje. Inače se to može provjeriti i nekom od približnih metoda, npr. određivanjem specifične tarne snage  $p v \mu$ , gdje je  $p$  specifični površinski pritisak na tarnu površinu,  $v$  obodna brzina na tarnoj oblozi čeljusti, a  $\mu$  koeficijent trenja između obloge i kola kočnice. Za kočnice za spuštanje i zaustavne kočnice specifična tarna snaga treba da iznosi  $0,5 \dots 1,5$ , a za kočnice za držanje  $1 \dots 4 \text{ J mm}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

Sila čeljusti pri kočenju pomoću sile pera  $F_p$ , kad se radi o vanjskom peru kočnice (sl. 102), dobiva se iz izraza

$$F = \frac{M_k}{\mu D} = F_p \frac{l_2}{l_1}, \quad (31)$$

a sila čeljusti pri kočenju pomoću utega silom  $F_u$  na osnovi izraza

$$F = \frac{M_k}{\mu D} = F_u i, \quad (32)$$

u kojem je  $i$  prijenos polužja kočnice i iznosi

$$i = \frac{l_2}{l_1} \cdot \frac{l}{l_3} = \frac{h_o}{2\lambda}, \quad (33)$$

gdje je  $h_o$  potrebnii podizaj poluge koju diže otkočnik, a  $\lambda$  radijalni zazor između čeljusti i kola kočnice pri potpuno otpuštenoj kočnici (obično  $1 \dots 3 \text{ mm}$ ).

Za približan proračun može se moment kočenja  $M_k$  odrediti momentom motora  $M_m$  (kočnica se nalazi na osovini motora) pomoću izraza

$$M_k = v M_m \eta^2, \quad (34)$$

gdje je  $v$  stupanj sigurnosti koji iznosi  $1,5 \dots 3$  (više vrijednosti za kočnice za držanje), a  $\eta$  korisnost pogonskog mehanizma. Kvadrat korisnosti  $\eta^2$  dolazi u izrazu (34) zbog toga što trenje u pogonskom mehanizmu pomaže kočenju i što se motor odabire jači za  $1/\eta$ .

Za točan proračun izračunavaju se pojedini momenti, kao npr. moment tereta, moment inercijske sile i sl. Za takav proračun može se stupanj sigurnosti  $v$  odabrati manjim,  $v \approx 1,2 \dots 1,5$ . Tada se moment kočenja za kočnice za spuštanje i kočnice za držanje na mehanizmima za dizanje tereta određuje iz izraza

$$M_k = v \left( \frac{F_d}{i_k} r_b \frac{1}{i} \eta + m_d \frac{v_d}{t_k} r_b \frac{1}{i} \eta + \sum J_k \frac{\omega_k}{t_k} \eta \right), \quad (35)$$

gdje je  $F_d$  sila dizanja,  $i_k$  prijenos koloturnika,  $r_b$  polumjer bubnja,  $i = n_k/n_b$  prijenos osovina kočnice–osovina bubnja,  $n_k$  i  $n_b$  su brzine vrtnje osovina kočnice i bubnja,  $m_d$  je masa tereta koji se diže,  $v_d$  brzina dizanja,  $t_k$  vrijeme kočenja,  $J_k = J_x \left( \frac{n_x}{n_k} \right)^2$  moment inercije mase reducirana na osovinu kočnice, a  $\omega_k$  kutna brzina osovine kočnice.  $J_x$  i  $n_x$  odnose se na neku određenu osovinu.

Prije u izrazu (35) moment tereta, drugi i treći član momenti su inercijskih sila kočenih masa koje se gibaju pravocrtno, odnosno koje rotiraju. Trenje pomaže kočenju, pa u tom smislu treba uzeti u obzir i korisnost pogonskog mehanizma  $\eta$ . Momente na bubnju treba preračunati na osovinu kočnice. Utjecaj je momenata inercijskih sila vezanih uz mehanizam za dizanje malen, pa je većinom dovoljno preračunati samo moment tereta. Momenti se inercijskih sila tada uzimaju u obzir povećanjem momenta tereta za  $10 \dots 20\%$ .

Moment kočenja za zaustavne kočnice na mehanizmima za vožnju određuje se iz izraza

$$M_k = v \left( m_v \frac{v_v}{t_k} r_{kt} \frac{1}{i} \eta + \sum J_k \frac{\omega_k}{t_k} \eta + F_{v,j} r_{kt} \frac{1}{i} \eta - F_v r_{kt} \frac{1}{i} \eta \right), \quad (36)$$

gdje je  $m_v$  ukupna masa koja se pravocrtno giba i treba je kočenjem zaustaviti,  $v_v$  brzina vožnje,  $r_k$  polumjer vozog kotača,  $i = n_k/n_{kt}$  prijenos osovina kočnice–vozni kotač,  $n_{kt}$  brzina vrtnje vozog kotača,  $F_{vj}$  sila vjetra (umnožak pritiska vjetra  $w_{vj}$  i površine plohe izložene vjetru  $S$ ), a  $F_v$  otpor vožnje. Ostale su veličine kao u izrazu (35).

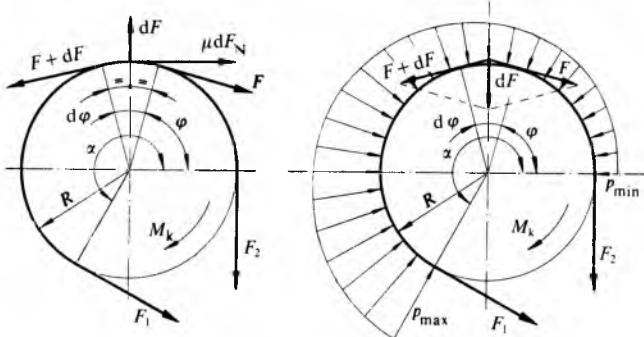
Prvi i drugi član izraza (36) odgovaraju momentima inercijskih sile kočenih masa koje se gibaju pravocrtno, odnosno koje rotiraju, treći član je moment vjetra, a četvrti moment otpora vožnje koji pomaže kočenju. Momente na voznom kotaču potrebno je preračunati na osovinu kočnice, uzimajući u obzir korisnost pogonskog mehanizma  $\eta$ . Utjecaj momenta inercijske sile kočenih masa koje se gibaju pravocrtno ne može se zanemariti, ali često je dovoljno da se izračuna samo taj moment i moment otpora vožnje, a ostali momenti mogu se obuhvatiti dodatkom od 10...20%.

*Pojasne kočnice* koče postepeno, tj. bez naglih zahvata što nastaju pri kočenju dvočeljusnim kočnicama opterećenima utegom. Pojas omotan oko kola kočnice ima veliku tenu površinu, pa su specifični pritisci maleni i za male promjere kola kočnice. Zato su pojase kočnice manje od dvočeljusnih i prikladnije su za snažna kočenja. Kolo pojase kočnice slabo se hlađi, jer je velik dio površine vijenca kola pokriven pojasmom kočnice. Veliki je nedostatak pojasnih kočnica što osovinu veoma opterećuju na savijanje. Novije konstrukcije dvočeljusnih kočnica sve više istiskuju pojase kočnice.

Celični pojas s pričvršćenom oblogom, prebačen oko kola kočnice i pritegnut, djeluje kao kočnica. Za proračun pojasnih kočnica treba znati koliko se mora pritegnuti pojas da bi se dobio potrebnii okretni moment (sl. 103). Omjer sila zatezanja pojasa  $F_1$  i  $F_2$  iznosi

$$\frac{F_1}{F_2} = \exp(\mu\alpha), \quad (37)$$

gdje je  $\mu$  koeficijent trenja između pojasa i kola kočnice koji ovisi o materijalu obloge pojasa, a  $\alpha$  kut obuhvatanja pojasa.



Sl. 103. Površinski pritisak na pojasu kočnice

Da bi se zakočilo djelovanje obodne sile  $F_{obd}$ , ona treba da bude

$$F_{obd} \leq F_1 - F_2 = F_2[\exp(\mu\alpha) - 1] = \frac{M_k}{R}, \quad (38)$$

gdje je  $M_k$  moment kočenja, a  $R$  polumjer kola kočnice. Pomoću izraza (38) određuju se potrebne sile zatezanja pojasa  $F_1$  i  $F_2$  ( $F_1$  maksimalna,  $F_2$  minimalna sila):

$$F_2 = \frac{F_{obd}}{\exp(\mu\alpha) - 1} = \frac{M_k}{R} \cdot \frac{1}{\exp(\mu\alpha) - 1}, \quad (39)$$

$$F_1 = F_2 \exp(\mu\alpha) = \frac{M_k}{R} \cdot \frac{\exp(\mu\alpha)}{\exp(\mu\alpha) - 1}. \quad (40)$$

Izbor promjera kola pojase kočnice i kontrola opterećenosti, odnosno kontrola zagrijavanja pojase kočnice obavlja se na isti način kao i za dvočeljusne kočnice. Ako se kontrola provodi pomoću specifične tarne snage  $p_{vu}$ , treba uzeti u obzir da je specifični pritisak  $p$  između pojasa i kola kočnice na različitim mjestima oboda kola različit. Najveći specifični

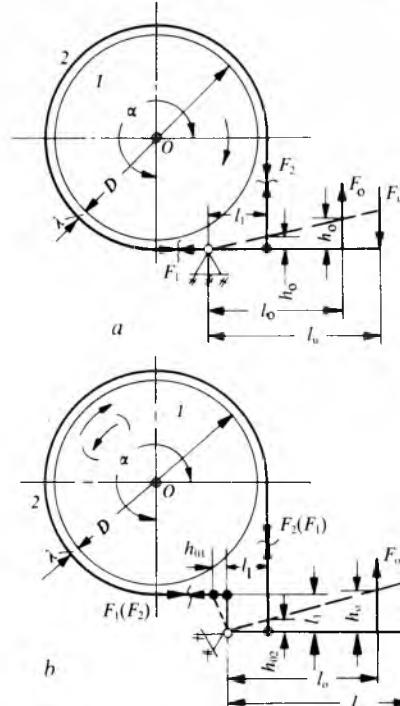
pritisak  $p_{max}$  nastaje na kraju pojasa na koji nailazi kolo, a najmanji  $p_{min}$  s kojega silazi kolo (sl. 103). Vrijednosti specifičnih pritiska iznose:  $p_{max} = F_1/(Rb)$ ;  $p_{min} = F_2/(Rb)$ , gdje je  $b$  širina pojasa kočnice. Specifična tarna snaga određuje se prema  $p_{max}$ .

Najčešće se upotrebljavaju jednostavna pojasma kočnica i sumarna pojasma kočnica (sl. 104). Moment kočenja jednostavne pojasma kočnice ovisi o smjeru vrtnje, pa zbog toga ona nije prikladna za mehanizme za vožnju. Sila  $F_u$  koja treba djelovati na polugu kočnice da bi se proizveo zahtijevani okretni moment može se odrediti pomoću izraza

$$F_u = \frac{F_2 l_1}{l_u} = \frac{M_k}{R} \cdot \frac{1}{\exp(\mu\alpha) - 1} \cdot \frac{l_1}{l_u}. \quad (41)$$

Sumarna pojasma kočnica daje za oba smjera vrtnje jednaki moment kočenja. Sila  $F_u$  može se za tu kočnicu izračunati iz izraza

$$F_u = (F_1 + F_2) \frac{l_1}{l_u} = \frac{M_k}{R} \cdot \frac{\exp(\mu\alpha) + 1}{\exp(\mu\alpha) - 1} \cdot \frac{l_1}{l_u}. \quad (42)$$



Sl. 104. Pojase kočnice. a) jednostavna pojasma kočnica, b) sumarna pojasma kočnica; 1 kolo kočnice, 2 pojase kočnice

## DIZALA

### Male dizalice

Za prigodno dizanje tereta, tj. ono koje se rijetko i neredovito obavlja, upotrebljavaju se male dizalice veoma različitih konstrukcijskih oblika. Podne dizalice imaju male visine dizanja, a ovjesne dizalice pomoću užeta ili lanca ostvaruju velik podizaj.

*Ovjesne dizalice*. Najstarije i najpoznatije ručne dizalice jesu koloturi (sl. 105) s konopom ili celičnim užetom omotanim oko više užetnika. S obzirom na njihov prijenosni omjer izgrađuju se samo do nosivosti 250 kg. Na montažnim radovima koloture potiskuju pužni čekrci (sl. 106) i čekrci s čelnim zupčanicima (sl. 107) jer se njima mnogo lakše ruke. Da bi promjer zakretanja nosivog elementa bio što manji, daje se prednost lancima. Pogon je ručni pomoću beskonačnog lanca prebačenoga preko lančanika.

*Pužni čekrci* grade se za nosivost 0,5...25 t i za visinu dizanja do 10 m, vlastite mase 25...700 kg i korisnosti  $\eta = 0,55...0,70$ . Kao nosivi lanci za terete do 10 t upotrebljavaju se kolutni lanci, a za terete veće od 10 t zglobni lanci.