KATEDRA ZA MEHANIZACIJU
MAŠINSKI FAKULTET U BEOGRADU

Elementi mehanizama za dizanje tereta

Kočnice i ustavljači

Spojnice

Profesor dr Nenad Zrnić, izvodi sa predavanja

Kod transpotnih mašina jedan od **najodgovornijih sklopova čine kočnice**, kojima se rad bilo kog mehanizma dizalice može da kontroliše. Pomoću njih se postiže **velika sila trenja**, koja omogućava da se **dizalica** za određeno vreme i na određenom mestu **zaustavi**. Sveukupni porast proizvodnje i rast proizvodnih kapaciteta doveli su do potrebe povećanja brzine kretanja i uvećanja mase tereta koji se prenosi i zaustavlja, što je doprinelo stvaranju potreba za ugradnjom kočnih uređaja na dizalicama. Kočnice dizalično-transportnih mašina ne obezbeđuju samo bezbedan rad ovih mašina, već bitno utiču i na njihov kapacitet. **Za povećanje kapaciteta mehanizama potrebno je skratiti period kočenja**. Međutim, rad pri maksimalnom usporenju nije uvek dozvoljen, jer **prilikom intenzivnih kočenja** pogonskih elemenata nastaju **sile kočenja koje znatno prevazilaze dopuštena statička preopterećenja**, zbog čega se pri iznenadnom i oštrom kočenju narušava čvrstoća spojeva, što prouzrokuje habanje spojnica, ležaja, zupčanika i točkova. Svi **mehanizmi dizaličnih mašina** su opremljeni uređajima za **kočenje** pouzdanog dejstva kojima se obezbeđuje da se na mehanizmu za dizanje ostvari zaustavljanje tereta i njegovo zadržavanje na željenoj visini, a na mehanizmu za premeštanje ili obrtanje dizalice - zaustavljanje pogona mehanizma na određenom željenom mestu - zaustavnom putu kočenja. Kočenje mehanizama sa električnim pogonom se obično obavlja kako električnim, tako i mehaničkim putem, te tako, prema transformaciji energije kretanja kočnice se razvrstavaju na:

- **električne kočnice**;
- **mehaničke kočnice**.

Električne kočnice pretvaraju energiju kretanja u električnu energiju, a mehaničke u toplotnu energiju preko trenja.

Prema svojoj nameni kočnice se dele na sledeće grupe:
1.Kočnice za spuštanje, koje regulišu brzinu spuštanja. One primaju potencijalnu energiju tereta koji se spušta,
2.Kočnice za kretanje, primaju kinetičku energiju dizalice ili kolica koja se se kreću i prekidaju dalje kretanje,
3.Kočnice za zaustavljanje, služe da zadrže teret na određenoj visini posle završetka kretanja tereta - dizanja ili spuštanja.
Elektro sheme nekih savremenih mašina omogućavaju značajno smanjenje brzina mehanizama u trenutku aktiviranja kočnica. Ipak, i u tom slučaju, mehanička kočnica ostaje jedinstveno sredstvo za zaustavljanje mehanizma pri prekidu dovoda električne energije. Zbog toga je proračun kočnica takvih mehanizama dizalica potrebno sprovesti prema veličini ukupnog momenta kočenja. **Prilikom određivanja momenta kočenja** moraju da budu poznati:
•**vrsta i režim rada koji obavlja mehanizam**;
•**konstrukcioni i proračunski podaci**: **masa tereta** koji se prenosi, **mase odgovarajućih elemenata**, **momenti inercije elemenata mehanizama**, **brzina kretanja, prenosni odnos i stepen korisnosti**;
•**mesto ugradnje kočnice u kinematskoj shemi mehanizma** (u zavisnosti od izabranog mesta ugradnje veličina momenta kočenja je različita - ona se menja u zavisnosti od prenosnog odnosa reduktora, od radnog uređaja: doboša, točkova za premeštanje dizalice itd., do kočnice);
•**moment uvijanja M_t koji deluje na vratilu kočnice prilikom kočenja**, a koji se određuje tako što se uzimaju u obzir gubici u elementima mehanizma od radnog uređaja, do vratila kočnice;

Kočioni uređaji transportnih mašina mogu se razvrstati i prema sledećim kriterijumima:
1.Prema konstrukcionom izvođenju radnih elemenata kočnice mogu biti: **sa papučama**, kod kojih je radni element u obliku papuča koje se frikcionom silom pritežu po površini kočionog doboša; **trakaste kočnice**, sa radnim elementom u obliku gipke trake koja se frikcionom silom priteže po kočionom dobošu; **kočnice sa diskom**, sa radnim elementom u obliku diska; **konusne kočnice** - radni element u obliku konusa.
2.Prema načinu delovanja - **automatske kočnice** (kočnice sa elektro-magnetnim, pneumatskim ili elektrohidrauličnim pogonom), koje se aktiviraju nezavisno od volje dizaličara i to istovremeno sa isključivanjem motora mehanizma na kome je kočnica ugrađena i **upravljive kočnice**, kod kojih uključivanje i isključivanje obavlja dizaličar, koji deluje na uređaj za upravljanje i aktivira kočnicu nezavisno od pogona mehanizma.
3.Prema smeru - ustavljačka kočnica, kojom se obavlja zaustavljanje mehanizma na kraju kretanja, kada se kočnicom ograničava brzina kretanja u određenim granicama, tako što deluje u toku svakog perioda rada odgovarajućeg mehanizma (kočnica za spuštanje tereta i regulatori brzine).
4.Prema načinu delovanja silom upravljanja: **kočnice normalno zatvorene**, kod kojih se uključivanje ostvaruje konstantnim dejstvom spoljašnje sile (silom opruge, težinom specijalnog tereta za uključivanje kočnice, itd.), a isključivanje kočnice nastaje istovremeno sa uključivanjem pogona mehanizma - pri aktiviranju sile za upravljanje kočnicom; pri isključivanju pogona kočnica se automatski zatvara; **kočnice normalno otvorene**, kod kojih se otvaranje, odnosno isključivanje obavlja konstantnom silom koja deluje spolja, a zatvaranje, tj. uključivanje, se ostvaruje silom za upravljanje radom kočnice; **kočnice kombinovanog dejstva**, koje u normalnim uslovima rade kao kočnice normalno otvorene, a u havarijskim uslovima rade kao normalno zatvorene.

Sve kočnice, nezavisno od konstrukcije, moraju da ispune **sledeće osnovne zadatke**: moraju **ostvariti dovoljan moment kočenja** shodno zadatim uslovima rada; moraju se **brzo zatvarati i otvarati**; moraju imati **dovoljnu čvrstoću i trajnost elemenata** u odnosu na konstrukciju kočnice u celini; konstrukcija kočnice mora biti **jednostavna i niske cene koštanja**; potrebno je obezbediti **mogućnost obavljanja vizuelne kontrole**, **regulacije i zamene pohabanih i oštećenih elemenata**, kao i **stabilno podešavanje**, a treba obezbediti **pouzdan rad kočionog uređaja** uz minimalno habanje radnih elemenata; kočnica mora imati **minimalnu masu i gabaritne mere**; **temperatura** na površini trenja u procesu rada **ne sme da prelazi odgovarajuću graničnu vrednost** koja je propisana za kočnicu datog tipa, a za određeni i usvojeni frikcioni materijal.

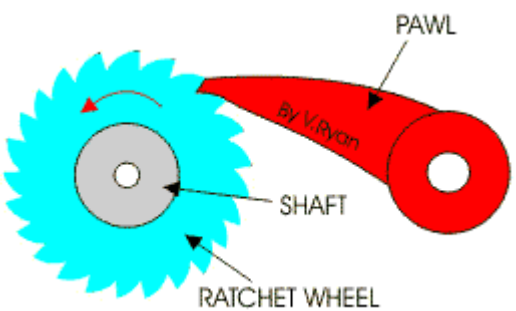
Kao **mesto ugradnje doboša kočnice** obično se predviđa **brzohodo vratilo mehanizma** (**ulazno vratilo u reduktor**), na kome deluje **najmanji moment uvijanja**, i shodno tome, kočnica razvija mali moment kočenja, te ima i najmanje gabaritne mere, kao i najmanju silu kočenja odgovarajućeg pogona. U tom slučaju se kao **doboš kočnice može koristiti jedna od polutki spojnice** koja povezuje motor sa reduktorom. Ako se na mehanizmu primeni spojnica sa uređajem za prigušenje (sa gumenim prstenovima i vijcima, oprugama itd.), tada se za kočioni doboš može iskoristiti samo polutka spojnice koja se nalazi na vratilu reduktora.

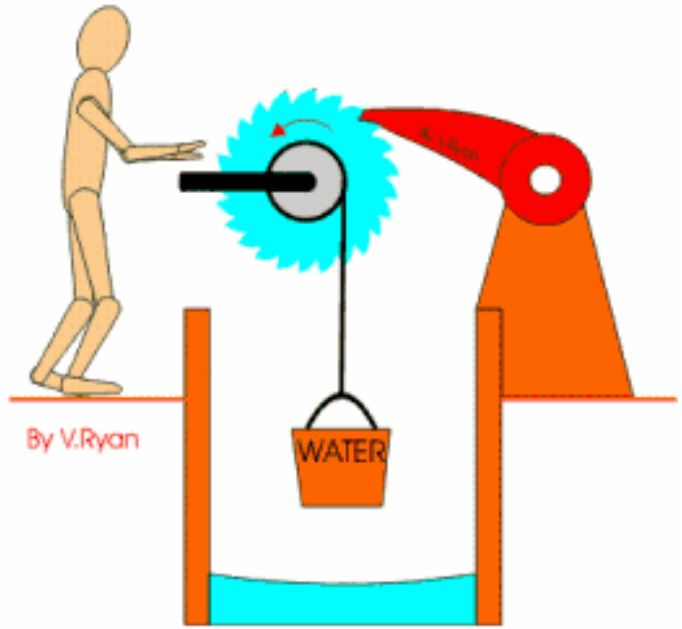
Kočnica se obično **ugrađuje na vratilu elektromotora**, jer je to mesto najmanjeg obrtnog momenta, pa će i kočnica konstrukciono imati najmanje dimenzije.

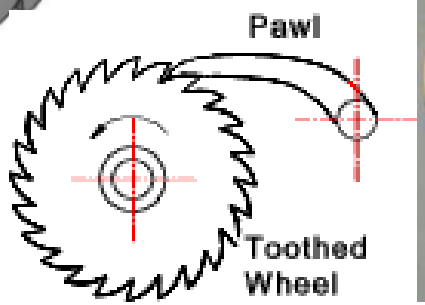
Određeni tipovi kočnica se standardizuju i serijski izrađuju, pa je zadatak konstruktora da pri projektovanju, iz kataloga i standarda izvrši izbor željene kočnice.

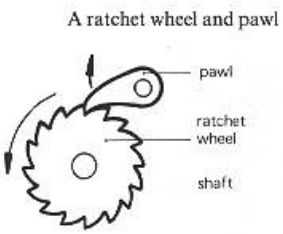
Ustavljači

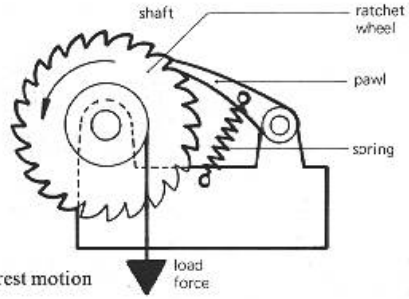
Ustavljači predstavljaju jednostavne uređaje koji služe za **zadržavanje tereta na visini**. Oni ne sprečavaju mogućnost podizanja tereta (vratilo mehanizma slobodno se okreće u stranu dizanja tereta), a isključuju mogućnost njegovog neizazvanog spuštanja pod dejstvom sopstvene težine (sprečavaju okretanje vratila u suprotnu stranu). Po načinu dejstva mogu da budu **zupčasti sa skakavicom i frikcioni** (ekscentarski i sa valjčićima ili kuglicama).







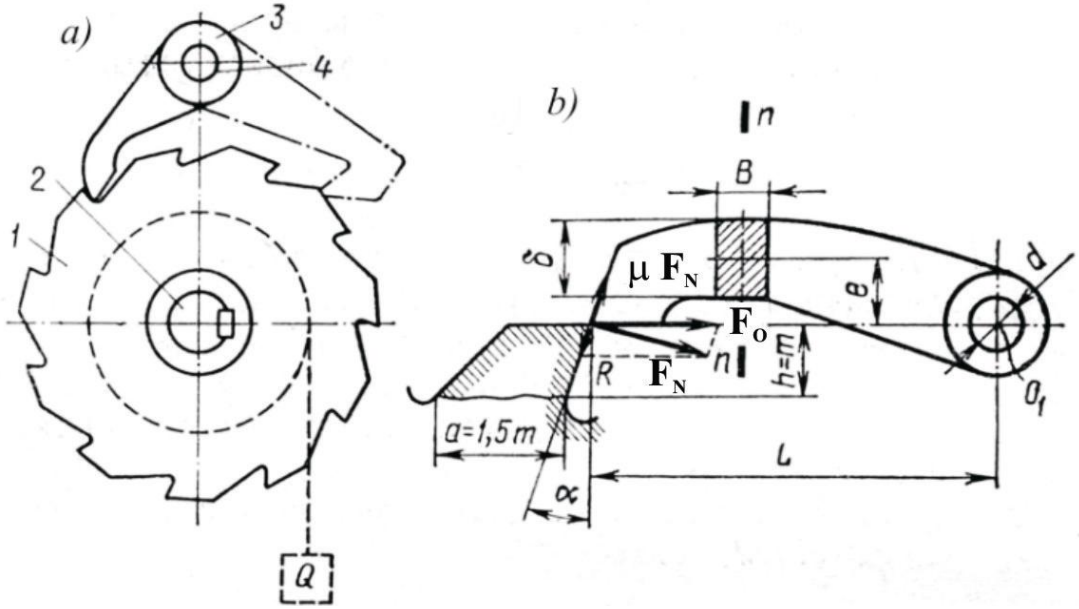




A ratchet wheel used to arrest motion

Ustavljači sa skakavicom (zupčasti ustavljači)

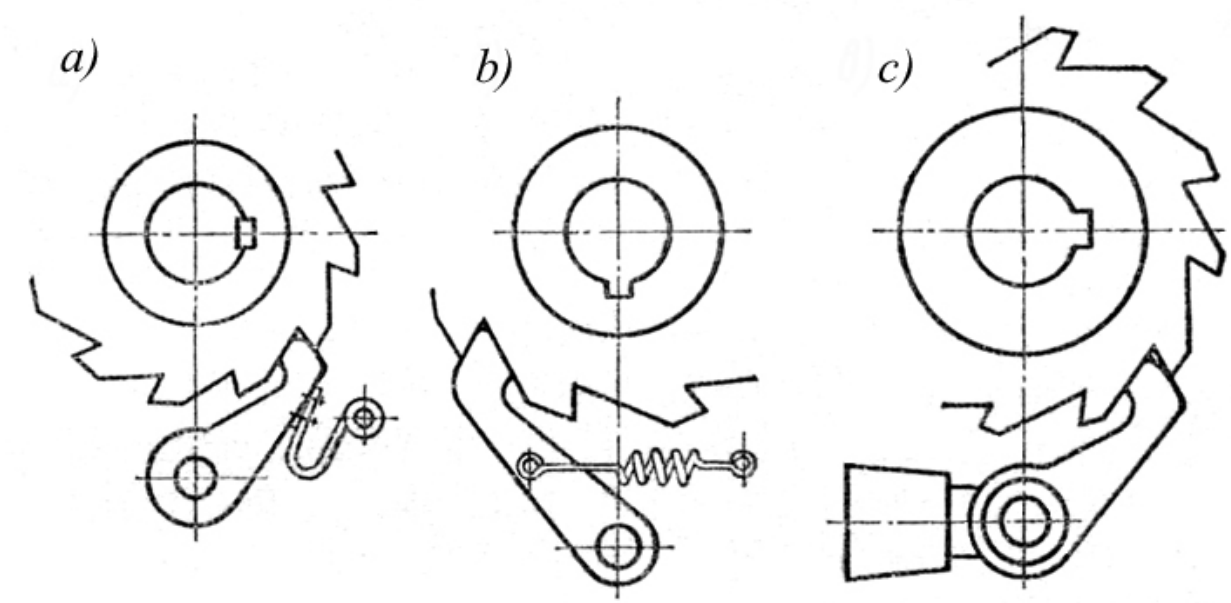
Ustavljači ovoga tipa sastoje se iz zupčastog (zaustavnog, zapornog, ustavljačkog) točka 1 koji je izrađen od npr. čelika (Č0345, Č1530) ili livenog gvožđa ili čeličnog liva i pričvršćen na vratilu mehanizma 2 i skakavice (jezička) 3, izrađene od čelika (Č4131, tvrdoća 48..50 HRC), čija se osovina 4 nalazi na nepokretnom elementu mehanizma, slika a. Skakavica ulazi u spregu sa zaustavnim točkom, zadržavajući njegovo kretanje, a zbog toga **sprečava kretanje** mehanizma **u smeru spuštanja** tereta, a **ne sprečava** kretanje u **smeru dizanja tereta** (suprotnom kretanju kazaljke na satu) gde skakavica klizi po leđima zuba zupčastog točka. Pri spuštanju tereta neophodno je skakavicu izvesti iz sprege sa zaustavnim točkom, zbog čega se ona mora rasteretiti dejstva sile sprezanja. Mesto ugradnje mehanizma sa skakavicom je obično na **brzohodom** (pogonskom) **vratilu**, zupčasti točak vezan je klinom sa pogonskim vratilom, na kome deluje najmanji moment torzije, pa se zbog toga i dobija, po gabaritu, najmanja dimenzija zaustavnog mehanizma sa skakavicom.



Shematski prikaz ustavljača sa skakavicom:
a - normalan položaj skakvice;
b - proračunski položaj skakavice

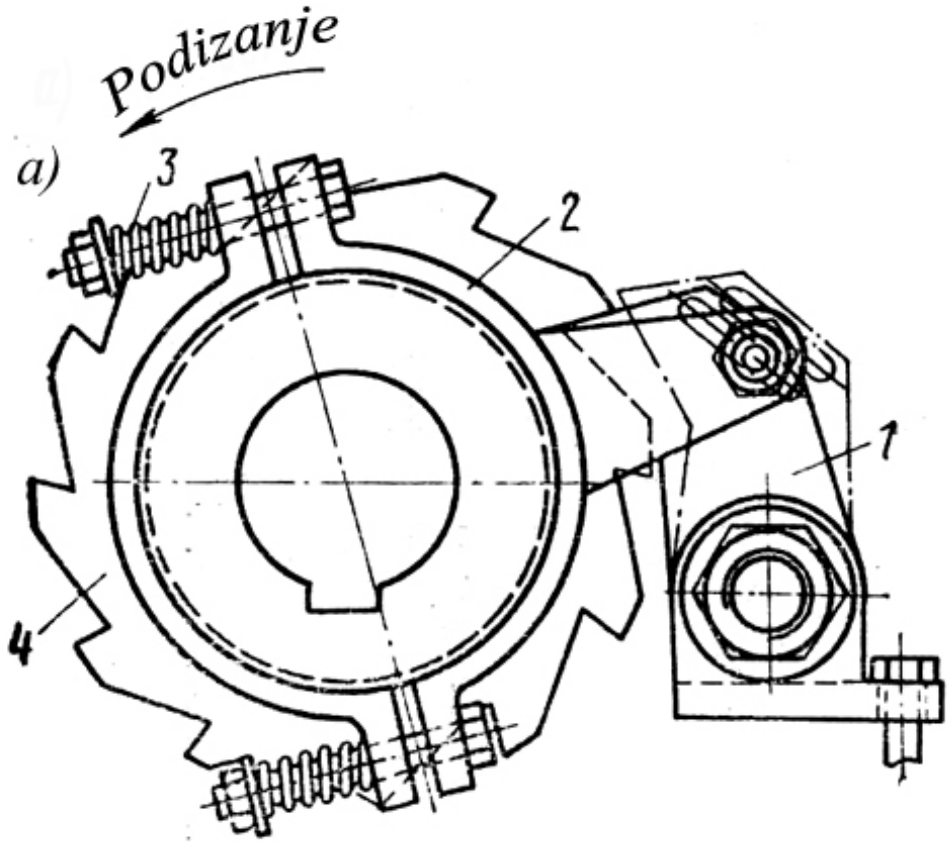
Međutim, zbog povećanja pouzdanosti zahvata skakavice, a takođe i iz konstrukcionih razloga, kod nekih dizaličnih mehanizama se često konstrukcija skakavice u nekim slučajevima ugrađuje na vratilo sa spojnicom ili, čak, direktno na vratilo doboša. Najodgovorniji element ustavljača je skakavica i potrebno je proračunati vezu koja se ostvaruje u slučaju kada skakavica upire u vrh zuba (dodiruje ivicu zuba) točka za zaustavljanje, slika b). Pošto je sprezanje zuba točka sa skakavicom praćeno određenim udarom, to se rub zuba točka i skakavice usled gnječenja opterećuje na pritisak usled čega može doći do loma.

Zbog obezbeđenja pouzdanog zahvatanja točka skakavicom ugrađuje se opruga kojom se priteže skakavica, odnosno pomaže skakavici da upadne u međuzublje zupčastog točka, slika a i b, ili se težinom specijalnog tega obezbeđuje pouzdano zahvatanje točka skakavicom, slika c. Osovina obrtanja skakavice postavlja se u položaj koji obezbeđuje ugao, koji obrazuju prave povučene od ose točka i ose skakavice prema tački kontakta skakavice sa točkom, čija je vrednost do 90°.



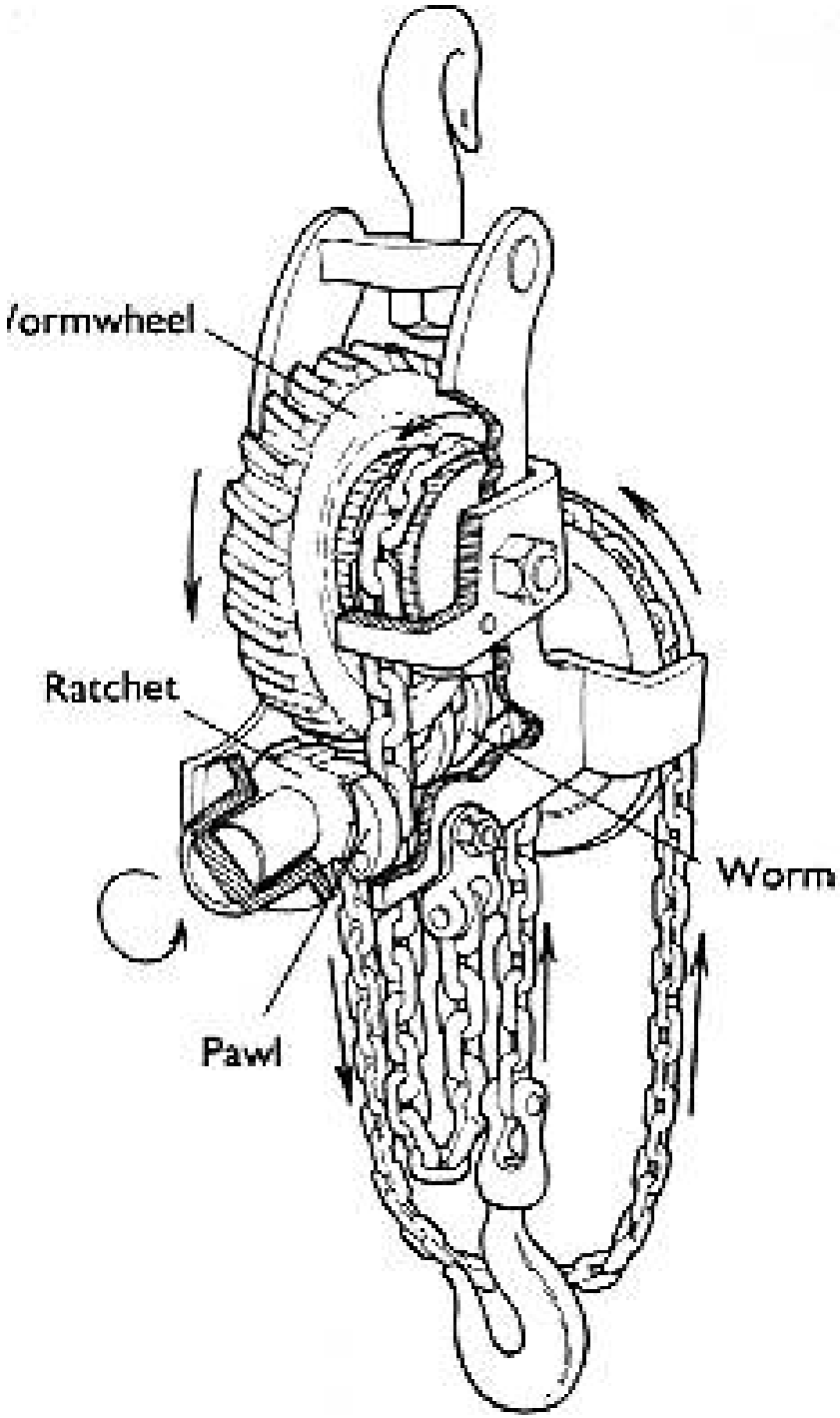
Konstrukcija skakavice sa prinudnim aktiviranjem: a, b - dejstvom opruge; c - težinom tega

Pri obrtanju ustavljačkog točka u smeru podizanja i skakavica je stalno pritegnuta uz zube točka, a rad ustavljačkog spoja će biti praćen karakterističnim i neprijatnim šumom. Smanjenje šuma se postiže primenom **bešumnih konstrukcija skakavica**, kod kojih specijalni uređaj koristi silu trenja i odvodi skakavicu od ustavljačkog točka prilikom kretanja mehanizma u smeru podizanja. Tako je na slici a, skakavica 1 vezana sa steznim prstenom 2, koji se priteže silom opruge 3 sa vratilom mehanizma. Pri obrtanju vratila u smeru dizanja tereta, stezni prsten 2, pod dejstvom sile trenja, nastojaće takođe da se zaokrene u istom smeru i da izvede skakavicu iz sprege sa zubom ustavljačkog točka.



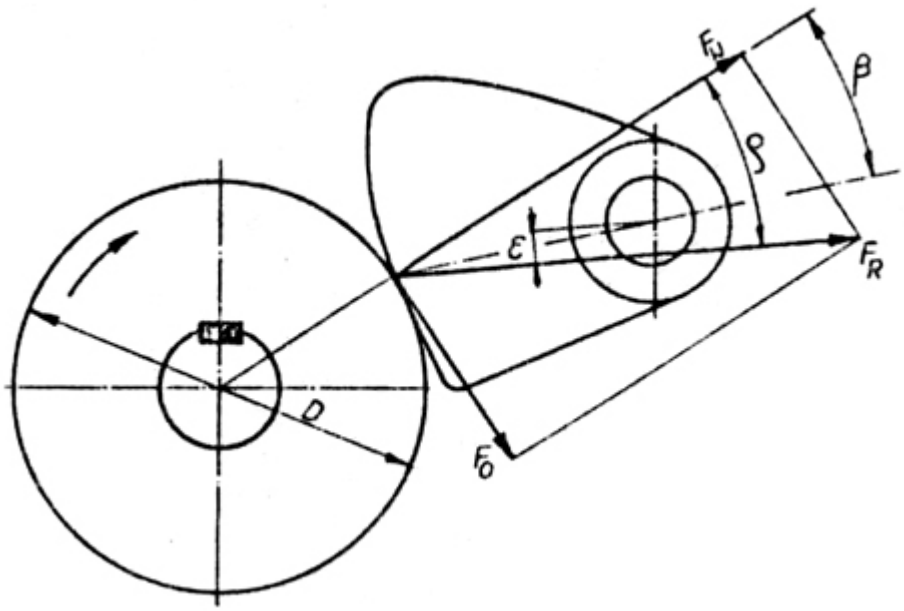
Shematski prikaz bešumne skakavice

Rad ustavljačkog spregnutog para odlikuje se reskim i udarnim spojem skakavice sa zubom ustavljačkog točka, a **zaustavljanje tereta je trenutno**. U cilju smanjenja dinamičkih uticaja pri radu ustavljačkog para, ponekad se ugrađuje na istom ustavljačkom točku nekoliko zasebnih skakavica koje se postavljaju tako, da se ne mogu spregnuti sa zubima istovremeno. Tada se maksimalno mogući ugao zaokretanja ustavljačkog točka do nailaska skakavice (ugao praznog hoda) smanjuje na veličinu koja je proporcionalna delu koraka zuba. Pri tome ustavljački točak, prilikom promene smera obrtanja, ne uspeva da razvije veliku brzinu pod dejstvom težine tereta i sprezanje skakavice sa zubom točka zupčanika nastupiće sa znatno manjom silom udara. Nezavisno od broja skakavica, svaka od njih se proračunava prema ukupnoj obimnoj sili Fo.



Frikcioni ustavljači

Postoji više različitih konstrukcija frikcionih ustavljača.Frikcioni ustavljači, kao i zupčasti, dozvoljavaju kretanje u jednu stranu. Sastoje se od **ekscentričnog jezička i kočnog doboša**. Pri okretanju kočnog doboša u smeru okretanja kazaljke na satu, javlja se normalna sila na dobošu F_N i sila trenja F_0, a rezultanta ovih sila F_R stvara momenat u odnosu na osu okretanja jezička, koji teži da ga okrene u smeru suprotnom od okretanja kazaljke na satu, usled čega se zaklinjava i koči kočni doboš.



$$F_0 = \mu \cdot F_N$$

$$F_0 = F_K = \mu \cdot F_N$$

$$\mu = tg\,\rho$$

$$F_K = \frac{2 \cdot M_K}{D}$$

$$F_N \cdot \mu = \frac{2 \cdot M_K}{D}$$

$$F_N = \frac{2 \cdot M_K}{D \cdot \mu}$$

$$F_R = \frac{F_N}{\cos\rho}.$$

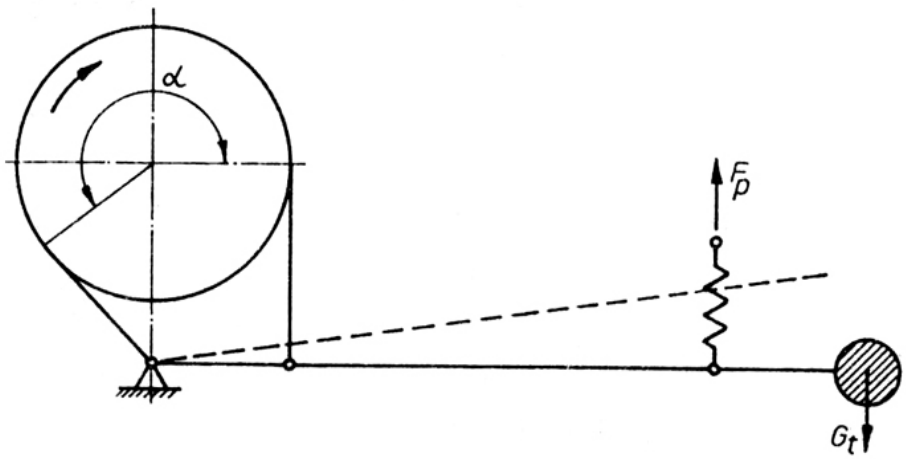
Ako je $\rho > ß$ onda rezultanta F_R teži da obrne jezičak u smeru zaklinjavanja. $F_R \cdot \varepsilon = M_e$

Kočnice sa trakom – trakaste kočnice

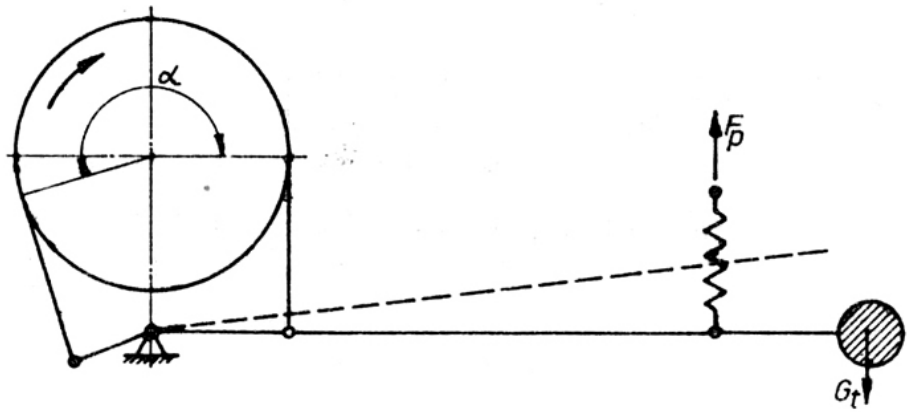
Kod kočnica sa trakom, kočenje se ostvaruje jednom elastičnom trakom (čeličnom) koja je prebačena preko kočnog doboša. Da bi se uvećao koeficijent trenja između doboša i trake, ona se oblaže frikcionim materijalom (drvo, koža, ferodo - fiberom). Prema konstrukcionom izvođenju trakaste kočnice se dele na:

- **proste;**
- **diferencijalne;**
- **sumarne (zbirne).**

Prosta trakasta kočnica sastoji se od kočnog doboša preko koga je prebačena traka koja je jednim krajem pričvršćena za nepokretnu tačku na ramu mašine, a na kraju poluge se nalazi teg čijom težinom se omogućuje kočenje.

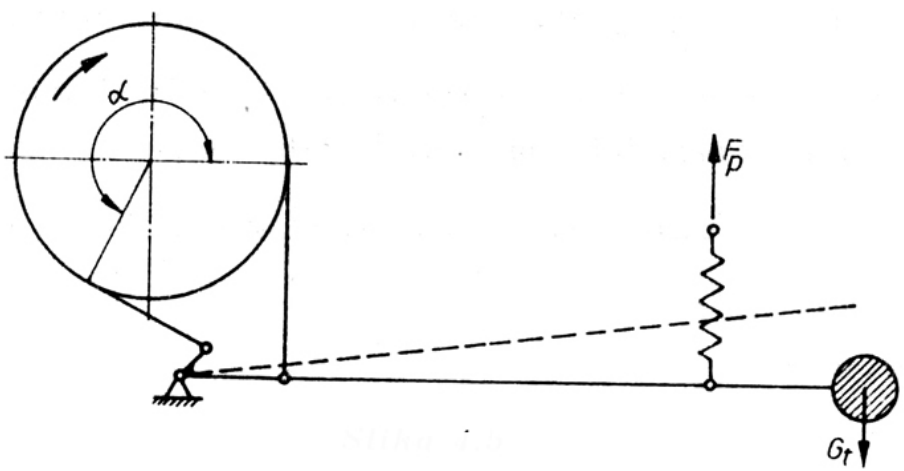


Shematski prikaz proste trakaste kočnice



Diferencijalna trakasta kočnica se dobija kada se oba kraja trake zglobno vežu sa kočnom polugom i to sa obe strane tačke okretanja poluge. U tom slučaju sila u delu trake koji nalazi na doboš stvara momenat istog znaka kao i teg za kočenje.

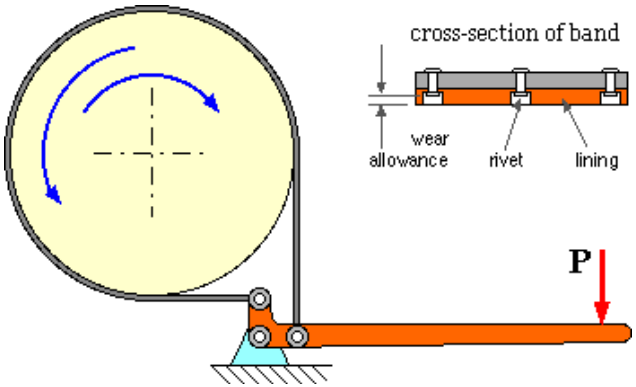
Shematski prikaz diferencijalne trakaste kočnice

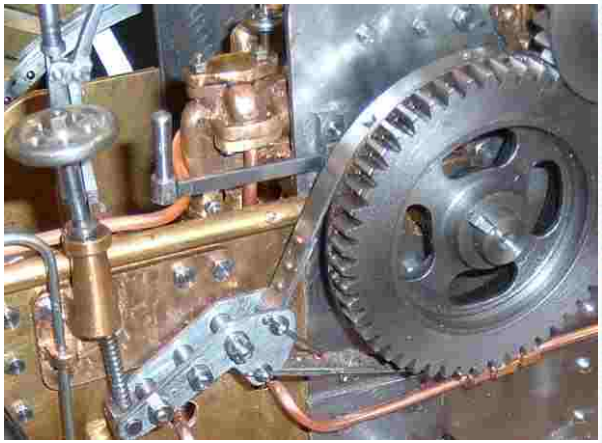


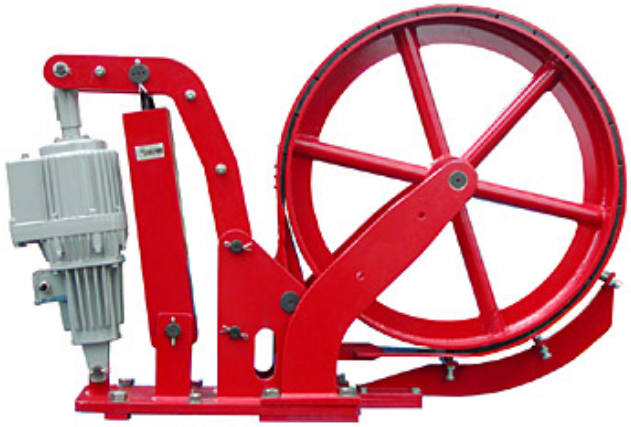
Kod zbirne (sumarne) trakaste kočnice oba kraja su spojena sa polugom sa iste strane ose obrtanja.

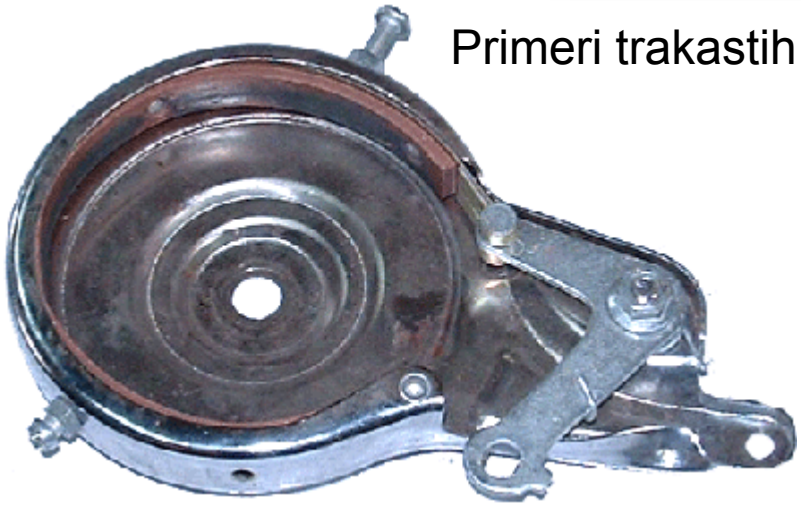
Shematski prikaz sumarne trakaste kočnice

Osobina prostih trakastih kočnica - da ne razvijaju isti kočioni momenat za oba smera obrtanja pri istom tegu, otežava njihovu upotrebu kod uređaja koji imaju promenljiv smer obrtanja.





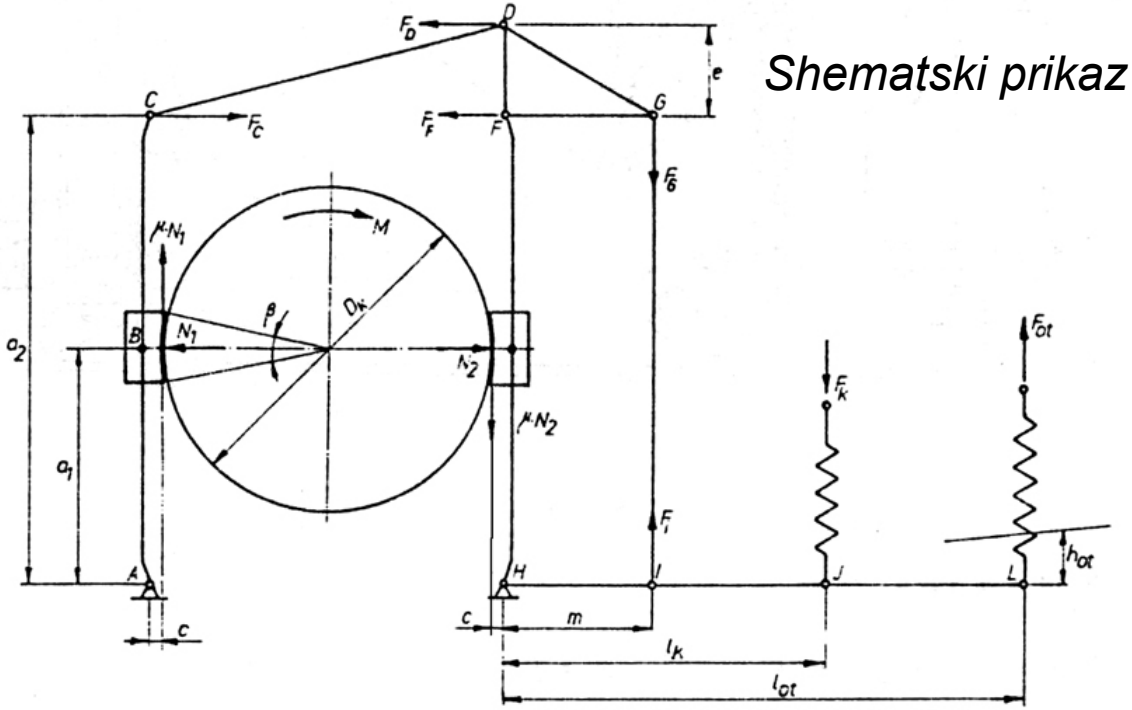




Primeri trakastih kočnica

Kočnica sa papučama

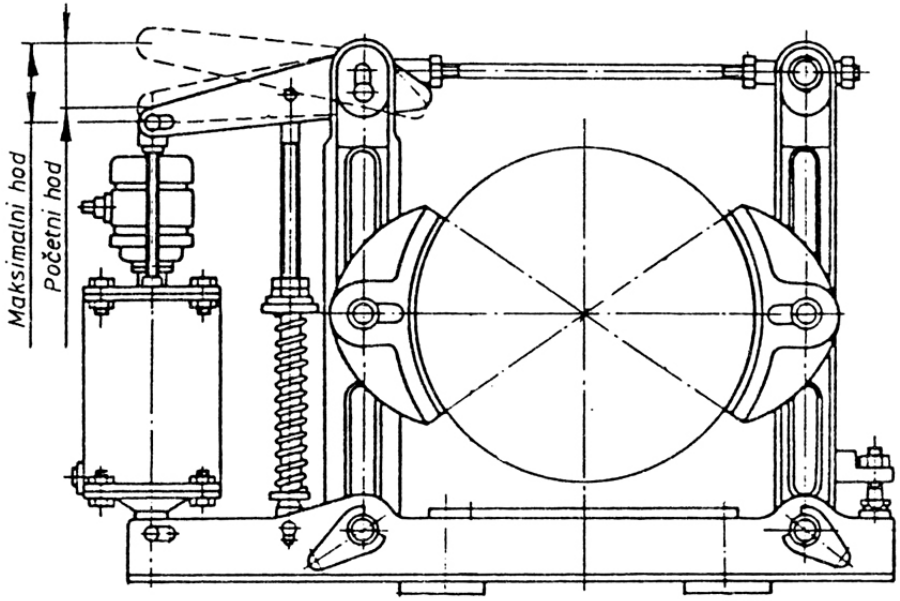
Kod kočnica sa papučama **kočenje se ostvaruje trenjem između obrtnog dela kočnice i papuče**. Kočnice sa jednom papučom se ne primenjuju kod dizaličnih mašina jer preopterećuju vratilo, koje nosi doboš kočnice, na savijanje. Kod transportnih mašina najčešće se primenjuju kočnice sa **dve simetrične papuče** (kočioni doboši je opterećen **samo momentom kočenja** i **nema savijanja vratila**) postoji više izvođenja kočnica koje se razlikuju u polužnom sistemu i po tipu otkočnog uređaja. Osnovni parametar pri proračunu kočnice je potreban kočioni moment M_k koji treba da se ostvari u periodu zaustavljanja mehanizama dizalice. Kočioni moment se određuje u zavisnosti od namene mehanizama. Na slici je prikazana shema mehaničke kočnice sa dve papuče. Ona se sastoji iz: kočionog doboša, polužnog mehanizma, papuča i uređaja za kočenje i otkočivanje. Obimna sila na kočionom dobošu je posledica trenja.

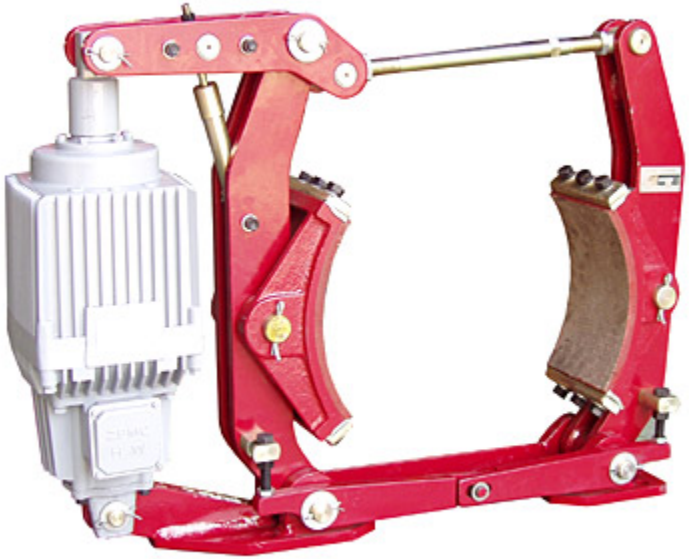


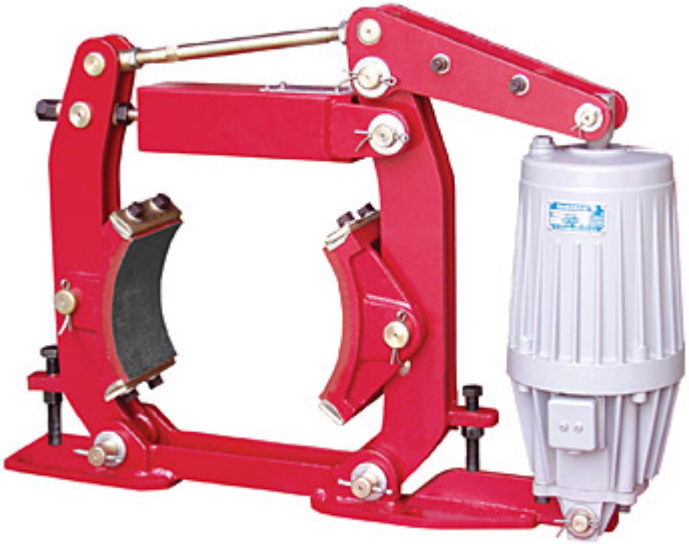
Shematski prikaz mehaničke kočnice sa dve papuče

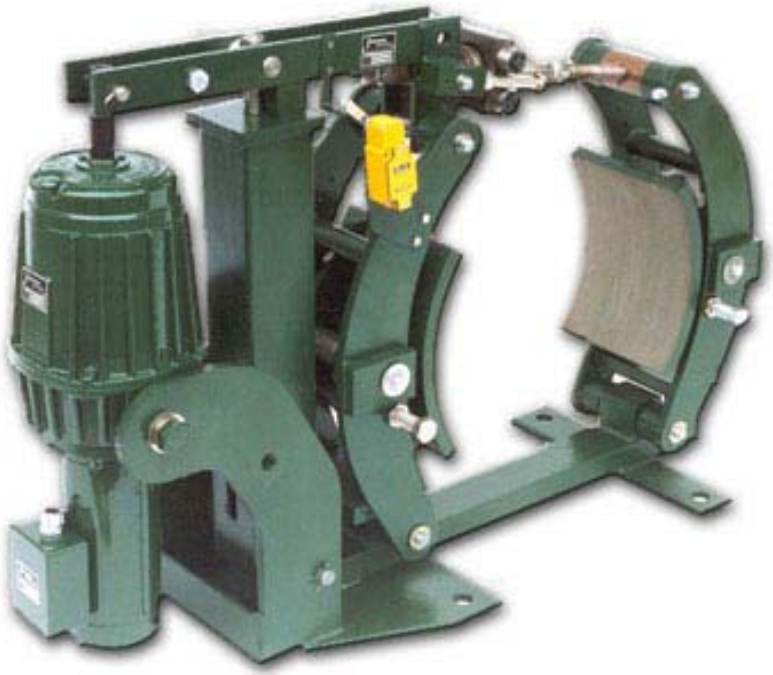
Kočioni doboš je obično obod većeg prečnika elastične spojnice. Papuče su obrtne-podešljive oko osovinice na polužnom sistemu koji otvara-širi i zatvara-skuplja (steže) elektrohidraulični podizač ELDRO.

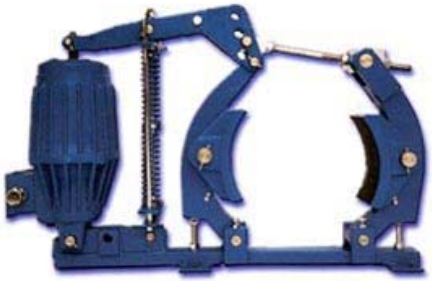
Na slikama su data konstrukciona rešenja kočnice sa dve papuče

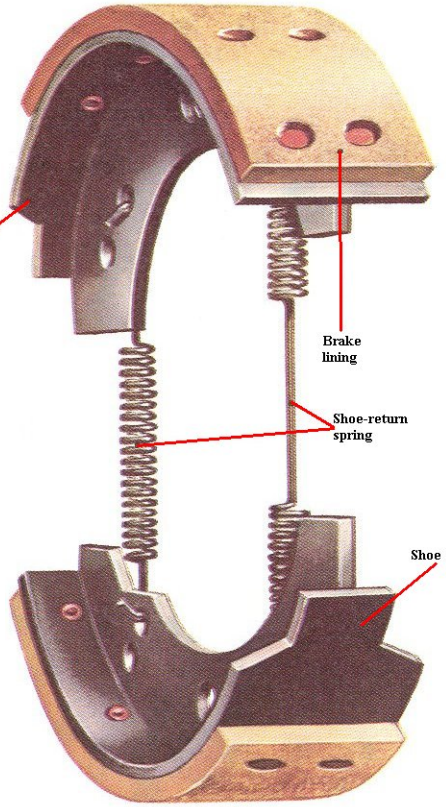


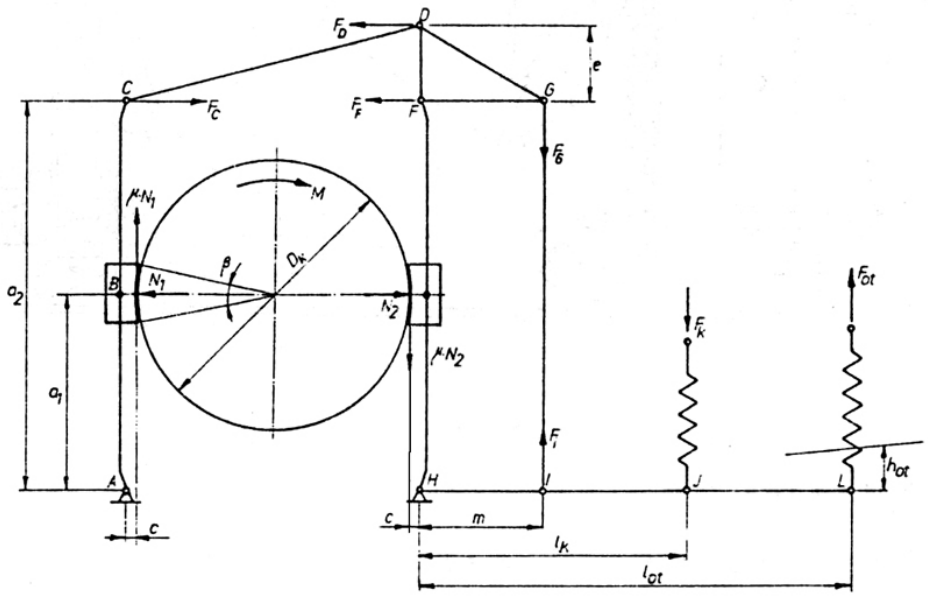









Shoe
Brake lining
Shoe-return spring
Shoe



$$\sum M_A = 0:$$

$$F_c \cdot a_2 - N_1 \cdot a_1 - \mu \cdot N_1 \cdot c = 0,$$

$$N_1 = \frac{F_c \cdot a_2}{a_1 + \mu \cdot c},$$

μ -koeficijent trenja između doboša i papuče

$$\sum M_H = 0:$$

$$F_F \cdot a_2 - N_2 \cdot a_1 + \mu \cdot N_2 \cdot c = 0,$$

$$N_2 = \frac{F_F \cdot a_2}{a_1 - \mu \cdot c}.$$

Pošto je $\begin{matrix} F_D = F_C \\ F_D = F_F \end{matrix}$ onda je $F_C = F_F$.

$$N_1 = N_2 = N = \frac{F_C \cdot a_2}{a_1}$$

$$N_1 = \frac{F_C \cdot a_2}{a_1 + \mu \cdot c}; \quad N_2 = \frac{F_C \cdot a_2}{a_1 - \mu \cdot c}.$$

Ako je c = 0, onda je: $\sum M_F = 0:$

$$F_D \cdot e = F_K \cdot l_K.$$

Odavde sledi: $F_K = \dfrac{F_D \cdot e}{l_k}$,

F_K - sila kočenja,
F_{ot} - sila otkočivanja

$F_D = F_c = N \cdot \frac{a_1}{a_2}$ pa je: $F_K = N \cdot \frac{a_1}{a_2} \cdot \frac{e}{l_K}$. Ako se uvede: $i_K = \frac{a_1}{a_2} \cdot \frac{e}{l_K}$,

onda je: $F_K = N \cdot i_K$

Pošto se otkočivanje suprotstavlja sili kočenja sledi: $F_K \cdot i_K = F_{ot} \cdot i_{ot}$ pa je:

$F_{ot} = N \cdot \frac{a_1}{a_2} \cdot \frac{e}{l_{ot}}$. Ako se usvoji da je: $i_{ot} = \frac{a_1}{a_2} \cdot \frac{e}{l_{ot}}$, sledi:

$F_{ot} = N \cdot i_{ot}$ gde su: i_K i i_{ot} - prenosni odnosi kočnice.

Moment kočenja je definisan izrazom: $M_K = N \cdot \mu \cdot D_K$ gde su:

D_K - prečnik kočionog doboša;
M_K - momenat kočenja;
μ = 0,45 ... 0,5 - za kočioni doboš od čelika i papuče sa fiber trakom;
μ = 0,35 ... 0,4 - za kočioni doboš od čelika i papuče sa azbestnom trakom pletenom sa mesinganim žicama.

Hod otkočivača kočnice je: $h_{ot} = 2,2 \cdot \varepsilon \cdot \frac{1}{i_{ot}}$, gde je: ε - radijalni zazor između papuča i doboša.

Koeficijent 2,2 uzima u obzir zazore u zglobovima prenosnih poluga.

Površinski pritisak između doboša i papuče kočnice se proverava po obrascu:

$$p = \frac{N}{A},$$

$$A = \frac{\pi \cdot D_K \cdot B}{360} \cdot \beta ,$$

B - širina papuče, ß - obuhvatni ugao papuče, ß = 60°,
$p < p_{dop}$, p_{dop} = 3 ... 6, daN/cm².

Karakteristika zagrevanja se određuje po obrascu: $p \cdot \nu = \frac{N}{A} \cdot \frac{D_K \cdot \pi \cdot n_m}{60}, \frac{daN}{cm^2} \cdot \frac{m}{s},$

n_m - broj obrta elektromotora min^{-1}

Treba da je: $p \cdot \nu < (p \cdot \nu)_{dop}$ $(p \cdot v)_{dop} = 25, \frac{daN}{cm^2} \cdot \frac{m}{s}$ kod kočnica na mehanizmu za dizanje tereta

$(p \cdot v)_{dop} = 50, \frac{daN}{cm^2} \cdot \frac{m}{s}$ kod kočnica na mehanizmu za premeštanje tereta

Kočnica se bira prema merodavnom momentu kočenja M_k $M_k = \beta \cdot M_{st}^{'}$

β – stepen sigurnosti kočnice

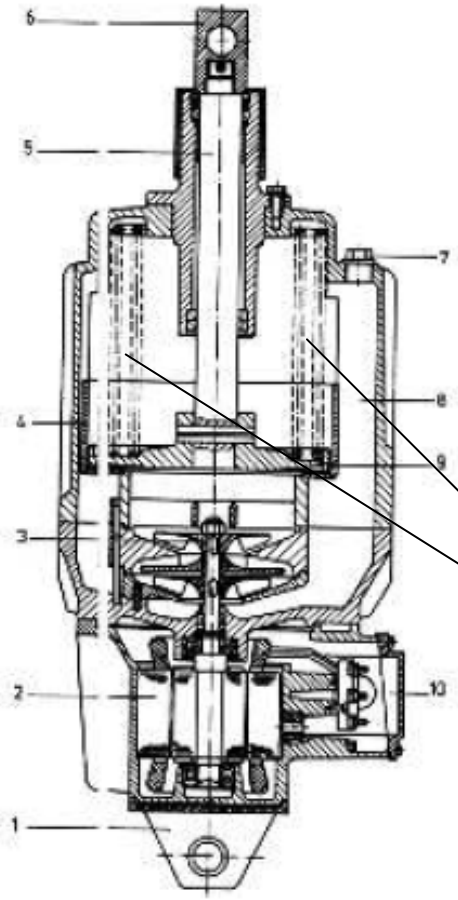
Za mehanizam dizanja:
β = 1,5 – laki režim;
β = 1,75 – srednji režim;
β = 2,0 – teški režim;

$$M_{st}^{'} = \frac{Q \cdot D_d}{m \cdot i \cdot \eta}$$

Za mehanizam za kretanje: $M_k = 1,25 \cdot M_{st}^{'}$ $M_{st}^{'} = F_w \cdot \frac{D_t}{2 \cdot i \cdot \eta}$

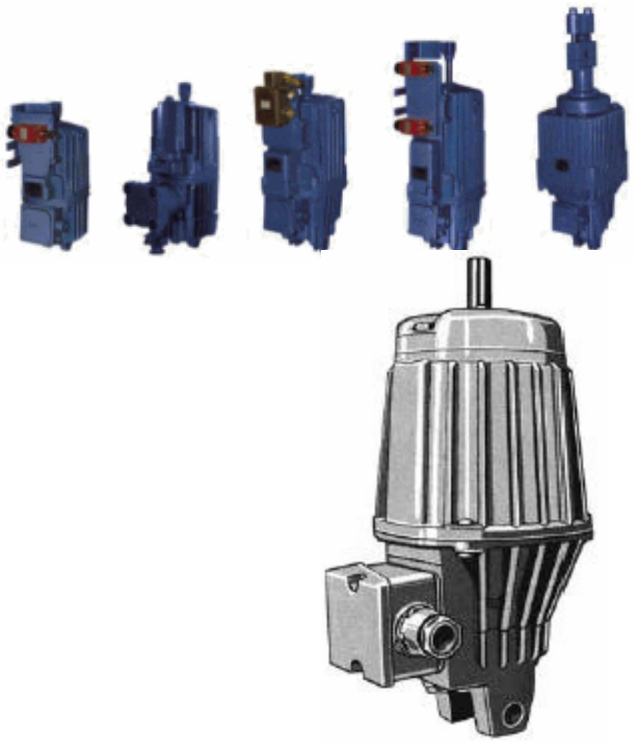
Fw - statički otpor kretanju opterećene dizalice

Kočnica zajedno sa elektrohidrauličnim podizačem čini jedinstvenu celinu koja se kompletno ugrađuje na dizalicu. Pri upuštanju elektromotora pogonskog mehanizma u rad, automatski se aktivira podizač, odnosno uključuje u rad elektromotor i pumpa podizača. Stvoreni pritisak ulja potiskuje klip i klipnjaču, delujući na poluge kočnica, čime se odmiču papuče od kočionog doboša. Pri zaustavljanju kretanja mehanizma, kada se isključi elektromotor, automatski se isključuje podizač. Snaga kočenja, kojom se vraća klip u početni položaj, dok papuče ne pritisnu kočni doboš, postiže se pomoću povratnih opruga, čime se izbegavaju udari na početku i kraju kočenja. Za kočenje se najviše upotrebljavaju podizači sa već ugrađenom povratnom oprugom.



Oznake na slici su: 1- donja veza za konstrukciju, 2 - elektromotor (asinhroni-kavezni), 3 - hidraulična pumpa (centrifugalnog tipa), 4 - hidraulični cilindar, 5 - klipnjača, 6 - gornja veza za polugu kočnice, 7 - čep za punjenje uljem, 8 - rezervoar za ulje i prostor za izjednačavanje pritisaka, 9 - klip, 10 - strujni priključak.

opruge



Elektrohidraulični podizač ELDRO, EHT

Napomena:

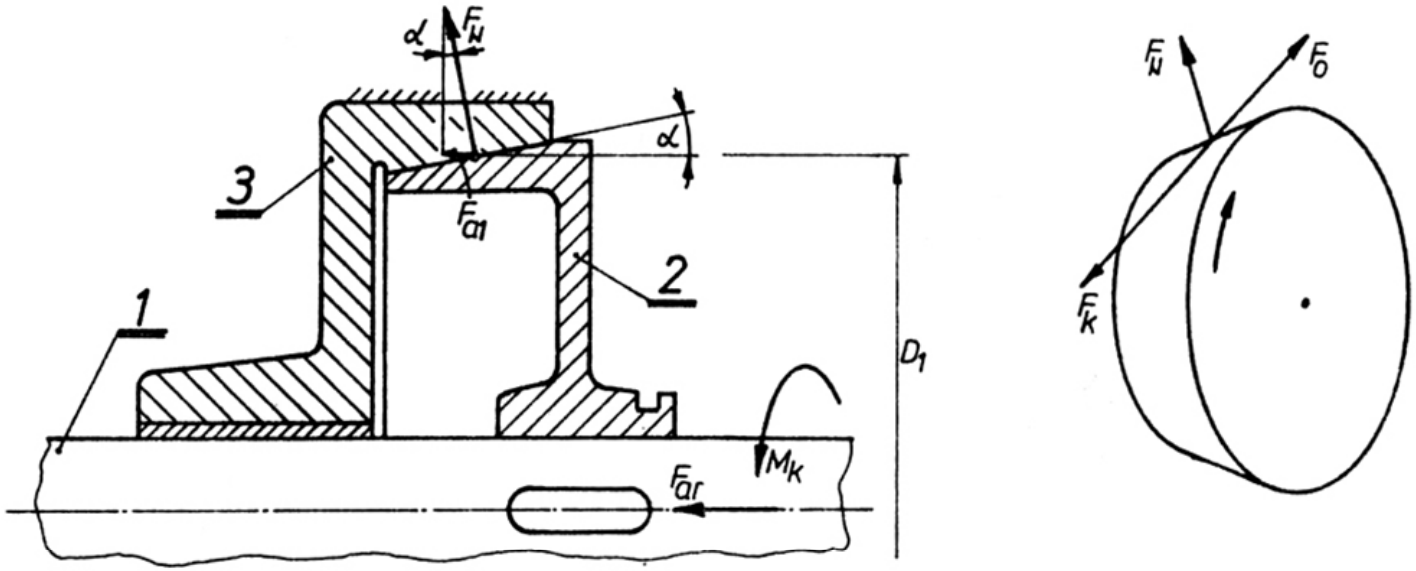
Kriterijum za izbor veličine kočnice nije samo kočioni moment, već i tzv. rad kočenja odnosno zagrevanje kočnice i mogućnost hladjenja kočnice. Iz navedenog razloga veličina kočnice je zavisna od pogonske klase koja je primer intenziteta rada ili još direktnije od intermitercije i broja uključivanja kočnice za npr. 1 sat, kao uslova hladjenja.

Na osnovu eksperimentalnih ispitivanja poznato je da nema ravnomernog kontakta (dodira) izmedju papuča kočnica i doboša ili diska, već da se intenzivno taru (koče) samo lokalne male površine papuče gde temperatura narasta i preko 400°C. Posle otkidanja-sagorevanja tog lokalnog dela kočione podloge, u intenzivno trenje ulaze drugi lokalni elementi površine kočione papuče. Zaprljanje, naročito ulje, kao i povećanje temperature doboša (diska) smanjuje trenje i kočioni momenat. Obloge za kočnice koje su ranije radjene od azbesta, zbog kancerogenosti istog sada se prave od sintetičkih materijala.

Kočnice sa aksijalnim pritiskom – konusne i disk kočnice

Ove kočnice se razlikuju od prethodnih po tome, što **sila kojom se pritiska kočni element** (papuča i traka) uz kočni doboš, **ne deluje upravno na osu kretanja**, već po **dužini ose (uzduž ose kočionog vratila).**

Konusne kočnice (Slika) se sastoje iz konusa 2 vezanog klinom za vratilo 1 i nepokretnog dela 3 koji ima, takođe, konusnu površinu.

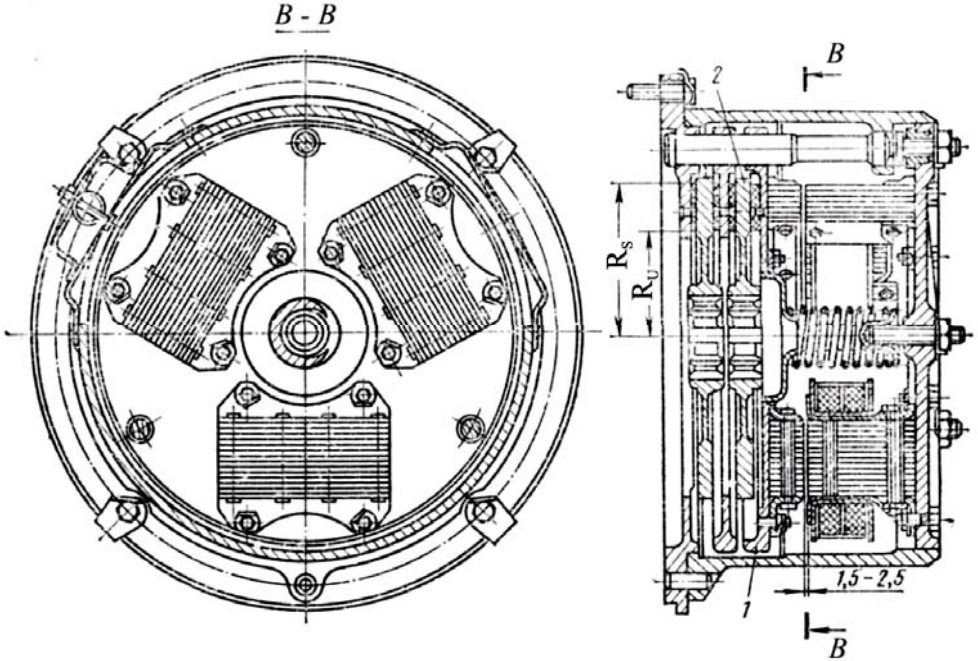


Shematski prikaz konusne kočnice

Kočnice ostvaruju kočenje tako što se pomoću mehanizma pomera aksijalni deo 2, usled čega dolazi do trenja na konusnoj površini između delova 2 i 3. $F_N \cdot \mu = F_K$

F_K - sila kočenja μ - koeficijent trenja između diskova

Disk kočnice predstavljaju granični slučaj konusne kočnice kod koje je ugao $\alpha=90^0$. One se primenjuju kod novijih dizalica sa većim pogonskim jedinicama, npr. lučkih dizalica. Kod disk kočnica **potreban moment trenja se ostvaruje pritiskom nepokretnih diskova 1 uz diskove 2 koji se obrću zajedno sa kočionim vratilom**, slika. Izvor sile aktiviranja - zatvaranja kočnice mogu biti: opružna sila, težina tega ili ručna sila kojom se deluje preko polužnog, hidrauličnog ili pneumatskog sistema. Disk kočnice se mogu primeniti na svim mehanizmima transportnih mašina. One imaju niz **dobrih svojstava**, u koje treba navesti: mogućnost **ostvarivanja većih momenata kočenja** pri relativno malim gabaritima na račun povećanja broja diskova; mogućnost obezbeđenja **zaštite kočnice** od uticaja spoljašnje sredine, sve do ostvarivanja potpune hermetičnosti; postizanje **ravnoteže kočnice** jer radijalne sile ne deluju na vratilo, već aksijalnom silom se može zatvoriti kočnica unutar kočionog uređaja, pa sila kočenja ne nastaje na vratilu i u ležajima mašine; **ravnomernije habanje** frikcionog materijala.



Kao **nedostatak** disk kočnica treba navesti da su **pogoršani uslovi odvođenja toplote sa površine trenja** (naročito kod kočnica sa više diskova).

Disk kočnica sa opružnim aktiviranjem i elektromagnetnim pogonom

Unutrašnji radijus disk kočnice R_u usvaja se minimalno dopuštene veličine iz konstrukcionih razloga. Spoljašnji radijus R_s, pri radu kočnica koje se kupaju u ulju usvaja se iz uslova obezbeđenja dobrog podmazivanja diskova, iz odnosa R_s = (1,25 ... 2,5)R_u, pri tome razlika radijusa ne sme da bude veća od 6 cm. Srednji radijus površine trenja R_{sr} se određuje iz uslova da je rad trenja (tj. proizvod sile pritiska i pravolinijske brzine u razmatranoj tački) u svim tačkama površine jednak, odnosno:

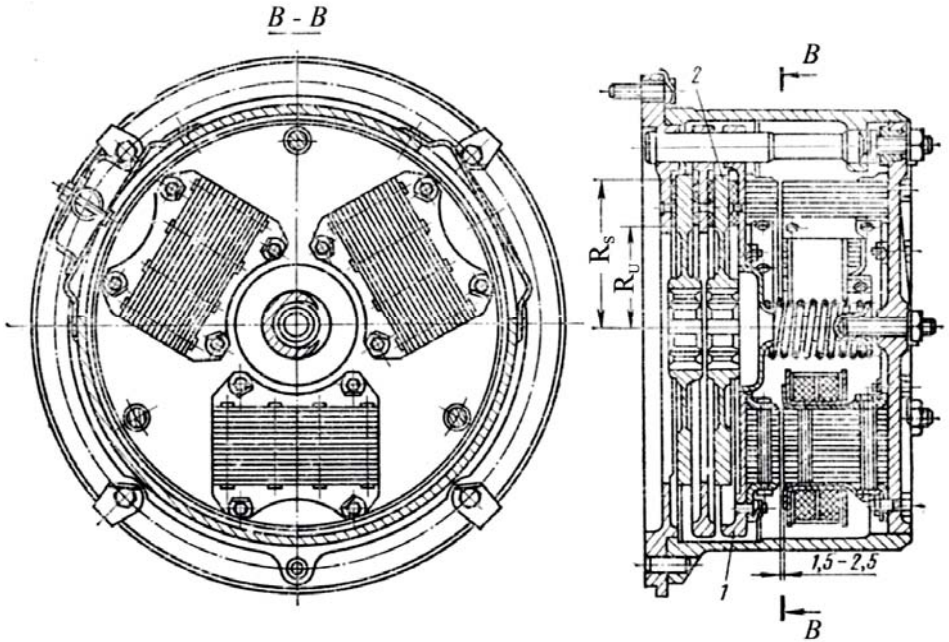
$R_{sr} = \dfrac{R_s + R_u}{2}$. Aksijalna sila F_a potrebna za ostvarivanje momenta kočenja M_K iznosi

$$F_a = F_N = \frac{M_K}{m \cdot \mu \cdot R_{sr}},$$

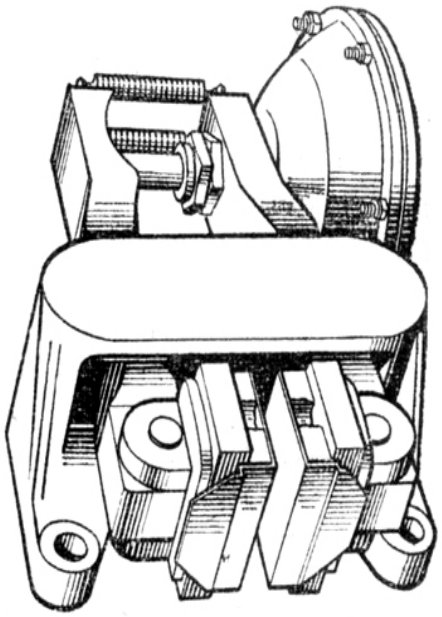
m - broj tarnih površina;
μ - koeficijent trenja

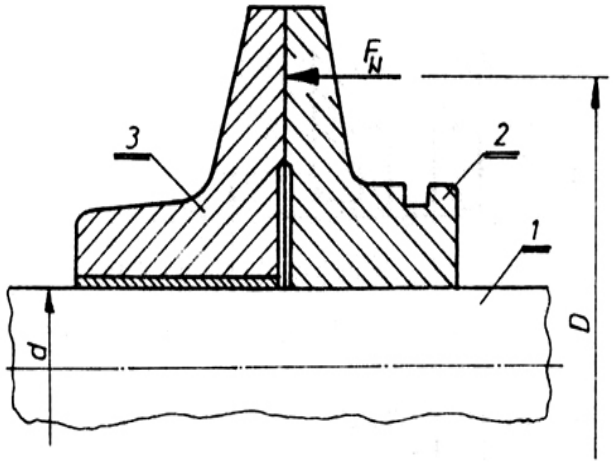
Srednja vrednost pritiska na tarnu - frikcionu površinu određuje se iz izraza:

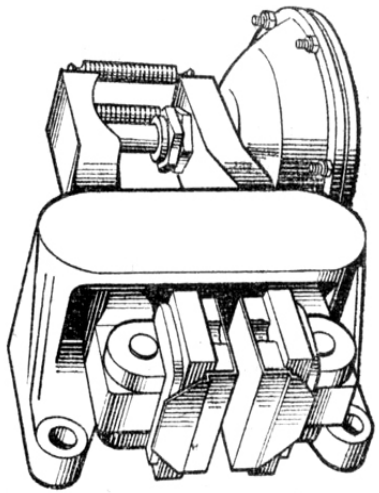
$$p = \frac{F_N}{\pi \cdot \left(R_s^2 - R_u^2 \right)} \leq [\, p \,].$$

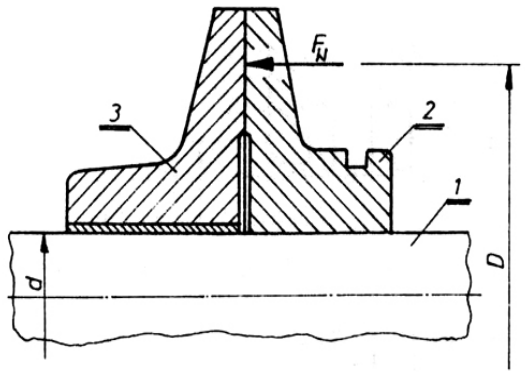


Veoma često se primenjuju na dizalično - transportnim mašinama tzv. **kočnice sa disk-papučama**, kod kojih je frikcioni materijal u obliku segmenta dve papuče koje se pritiskaju uz površinu trenja kočionog diska, sa njegove obe strane. Pri tome se oko 90% površine kočionog diska u procesu kočenja ne nalazi u kontaktu sa frikcionim materijalom i slobodno se opstrujava spoljnim vazduhom, čime se povećava odavanje toplote za 2 ... 4 puta u odnosu na kočnice sa papučama.









Osnovni delovi kočnice su:

1. vratilo koje prenosi obrtni moment;
2. aksijalno pokretni disk;
3. nepokretni disk (u smislu obrtanja).

Kočnica sa disk-papučama

Shematski prikaz disk kočnice

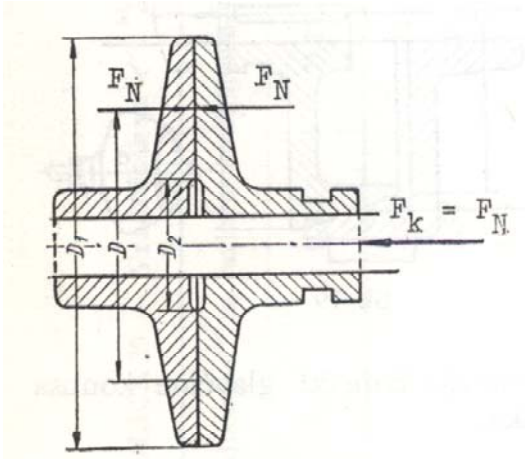
$F_{ar} = Fa_1 + Fa_2$

F_{ar} - ukupna potrebna aksijalna sila;
F_{a1} - potrebna aksijalna sila koja ostvaruje silu F_N;
F_{a2} - potrebna aksijalna sila za prevlačenje diska "2" preko klina;
$F_{a1} = F_N$.

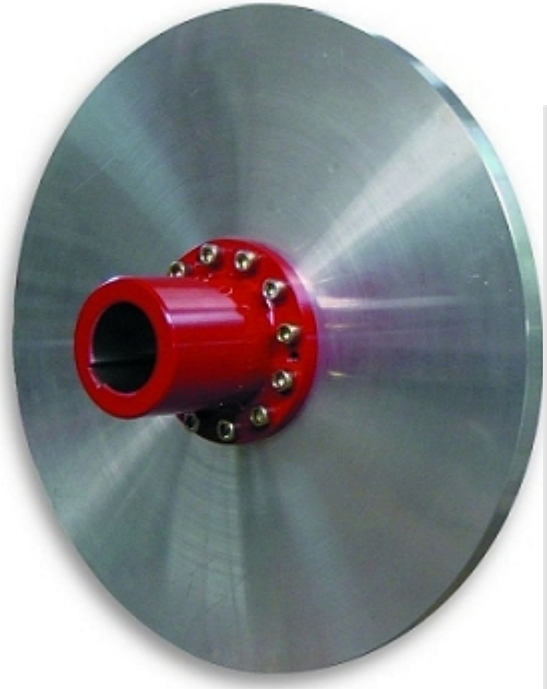
$$F_N \cdot \mu = F_K, F_K = \frac{2 \cdot M_K}{D}$$

$$F_{a1} = \frac{2 \cdot M_K}{\mu \cdot D}$$

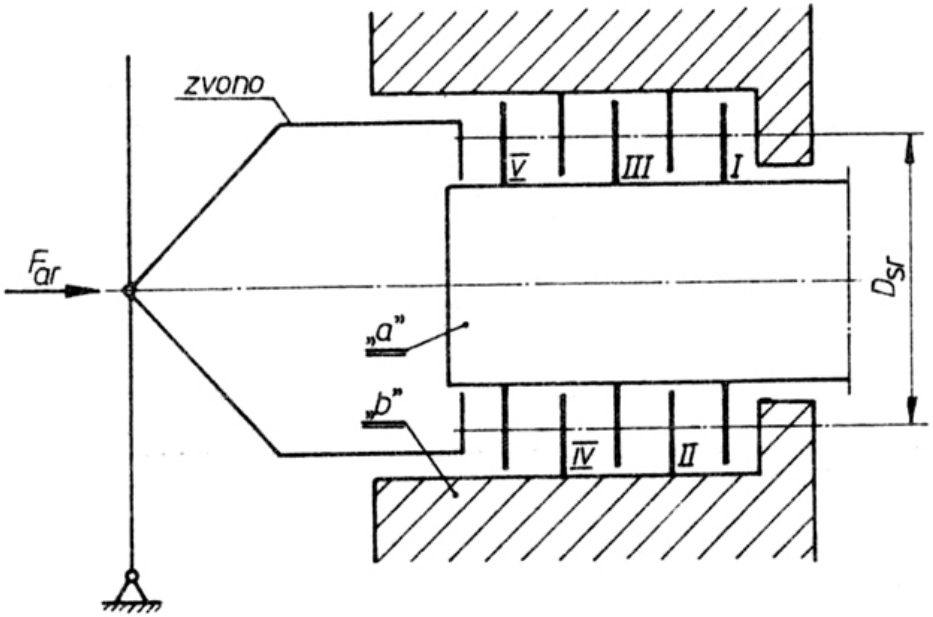
$$F_{a2} = F' \cdot \mu_1 = \frac{2 \cdot M_K}{d} \cdot \mu_1, \quad F_{ar} = \frac{2 \cdot M_K}{\mu \cdot D} + \frac{2 \cdot M_K}{d} \cdot \mu_1 .$$



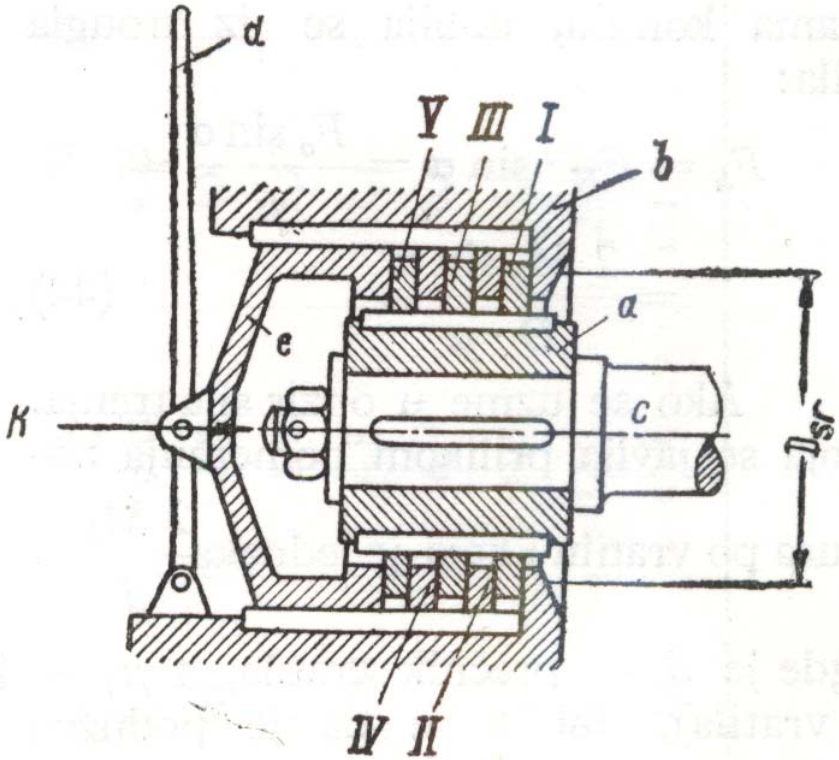
Disk kočnice



Da bi se smanjila podužna sila za određeni moment kočenja, povečava se broj kočnih površina. Tako se dolazi do **kočnice sa lamelama**. Lamele I, III i V se aksijalno pomeraju po klinovima po glavčini koja je vezana klinom za vratilo "a“ (slika levo). Lamele II i IV klize po klinovima nepokretne glavčine "b". Aksijalna sila F_{ar} uslovljava kontakt diskova I, II, III, IV i V nepokretne glavčine "b" i zvona. Momenat sile trenja se suprotstavlja obrtnom momentu.Kada se preko ručice silom kočenja na zvono, diskovi se pritežu jedan uz drugi.



Shematski prikaz kočnice sa lamelama



Spojnice

U pogonskim elementima dizalica primenjuje se više vrsta spojnica. Najčešće se koriste:
1.Elastične spojnice, sa ili bez kočionog doboša, **za vezu između pogonskog elektromotora i reduktora** (za pogon dizanja kod klasičnih kolica dizalice primenjuju se horizontalni reduktori, a za pogon kretanja vitla i cele dizalice primenjuju se vertikalni reduktori, njihove snage i prenosni odnosi su standardizovani – red R20, uglavnom su dvostepeni i trostepeni, dok kod horizontalni reduktori mogu da budu i četvorostepeni).
2.Krute zupčaste jednostrane spojnice, obično na pogonskom vratilu mehanizama za kretanje vitla ili cele dizalice, lakše se montiraju i omogućavaju zakošenje.
Osim ovih spojnica, ponekada se koriste i druge vrste spojnica, npr. ‘perifleks’, ‘bibi’ spojnice, elektromagnetne, hidrauličke, itd.
Osnova za izbor spojnice je obrtni moment koji ona može da prenese. Za približno računanje i izbor spojnica koje se koriste na pogonskom vratilu mehanizma za kretanje, može se uzeti da je $M_r \cdot K \leq M_s$, gde je M_s u Nm, tablična vrednost obrtnog momenta koji spojnica može da prenese, M_r u Nm, najveći računski moment koji spojnica treba da prenese, dok je K = 1,1-1,5 faktor koji uzima u obzir i odgovarajuće uslove rada (pogonske klase) spojnice. Kada se jedan disk elastične spojnice koristi kao kočioni doboš, onda u zavisnosti od vrste mehanizma, ugrađena kočnica mora da ostvari kočenje sa propisanim stepenom sigurnosti.
Izbor spojnica je složeniji kod mehanizma za kretanje u odnosu na mehanizam za dizanje, jer je položaj tereta promenljiv, a time je nejednaka raspodela pogonskog momenta leve i desne strane.