

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

Mehanički elementi za ostvarivanje otpora pri kretanju imaju za cilj da ostvare ili održe stanje mirovanja.

Prema načinu dejstva ovi elementi mogu da se podele na:

- statičke (elementi za zaustavljanje, graničnici),
- dinamičke (zamajci, prigušivači, kočnice).

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

U tabeli su navedene funkcije mehaničkih elemenata za ostvarivanje otpora pri kretanju.

Vrsta elementa	Funkcija
element za zaustavljanje	otpor protiv nastanka kretanja (promene položaja) iz jednog željenog položaja (stanja mirovanja)
graničnik	otpor radi ograničavanja (završavanja) nekog kretanja (promene položaja) u jednom željenom položaju
zamajac	otpor protiv nastajanja promene brzine
prigušivač	otpor radi ograničavanja (smanjenja) brzine bez željenog položaja
kočnica	prekidni (uključno-isključni) otpor sa zadacima zaustavljanja i/ili prigušivanja

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

Funkcije mehaničkih elemenata za ostvarivanje otpora pri kretanju mogu da se opišu i ovako:

- **element za zaustavljanje:**

brzina ostaje nula       $v = 0$

željeni položaj ostaje nepromenjen       $s = s_1$

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

Funkcije mehaničkih elemenata za ostvarivanje otpora pri kretanju mogu da se opišu i ovako:

- **graničnik:**

brzina postaje nula  $v \rightarrow 0$

željeni položaj se generiše (realizuje)  $s \rightarrow s_1$

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

Funkcije mehaničkih elemenata za ostvarivanje otpora pri kretanju mogu da se opišu i ovako:

- **zamajac:**

brzina ostaje nepromenjena

$$v = \mathit{const}$$

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

Funkcije mehaničkih elemenata za ostvarivanje otpora pri kretanju mogu da se opišu i ovako:

- **prigušivač, kočnica:**

brzina postaje nula  $v \rightarrow 0$

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

Mehanički elementi za ostvarivanje otpora pri kretanju mogu da se razlikuju i na osnovu sledećih karakteristika:

- pravac dejstva (jednostran - dvostran),
- vrsta kretanja (rotacija - translacija),
- parametri zavisnosti (zavisni od pomeranja, zavisni od brzine, zavisni od ubrzanja itd.),
- uslovi dejstva (neprekidni - sa mogućnošću uključivanja i isključivanja),
- granice sile (neograničena sila - ograničena sila),
- način ostvarivanja otpora (pomoću oblika - pomoću sile)

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Elementi za zaustavljanje

Elementi za zaustavljanje su takvi mehanički elementi za ostvarivanje otpora pri kretanju čijim dejstvom može da se ostvari stanje mirovanja nekog dela u odnosu na postolje, u potpunosti ili do neke utvrđene granice.



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Elementi za zaustavljanje

Elementi za zaustavljanje se u opštem slučaju prema načinu ostvarivanja svoje funkcije mogu podeliti na:

- krute (fiksne) elemente za zaustavljanje (ustavljače), koji realizuju funkciju potpunog zaustavljanja,
- zadržavače, koji realizuju funkciju zaustavljanja do određene granične sile.

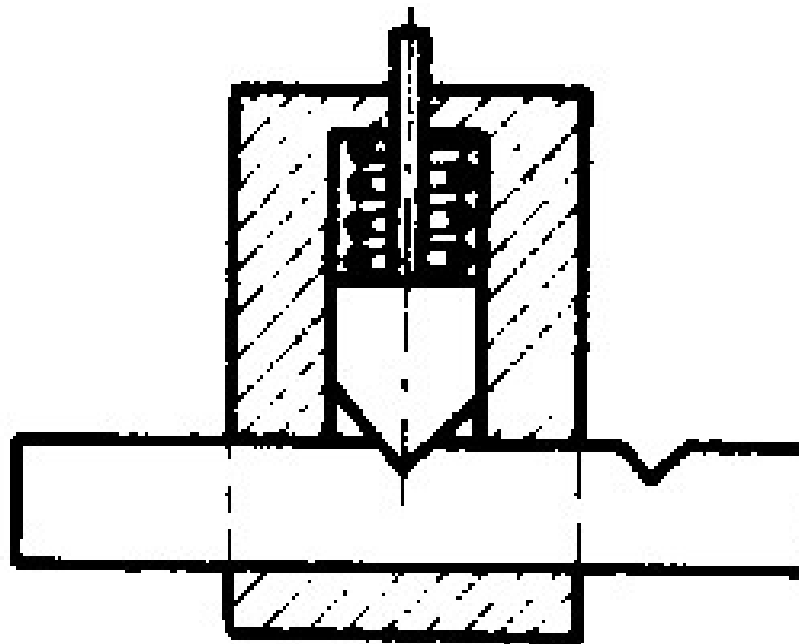
Međusobno držanje elemenata može se ostvariti:

- oblikom elemenata,
- silom trenja između elemenata.

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Elementi za zaustavljanje - primeri

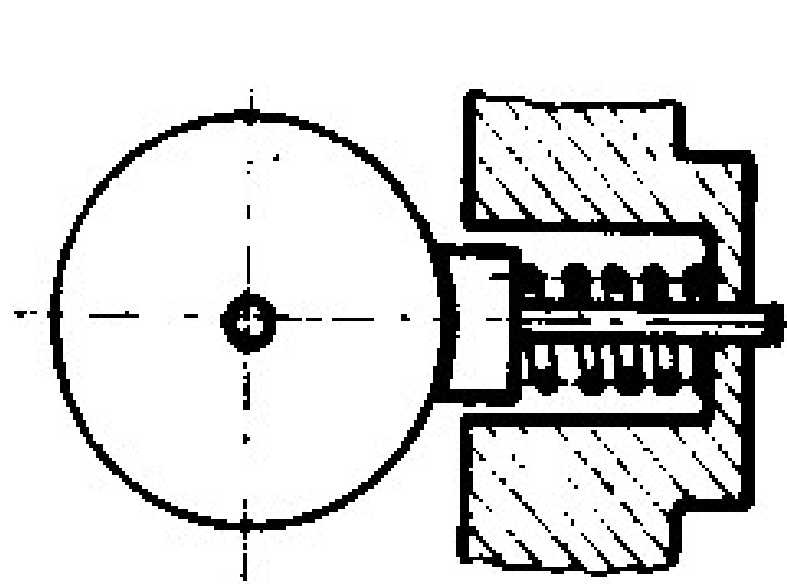
Zadržavač za translatorno kretanje, koji koristi princip zadržavanja oblikom



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Elementi za zaustavljanje - primeri

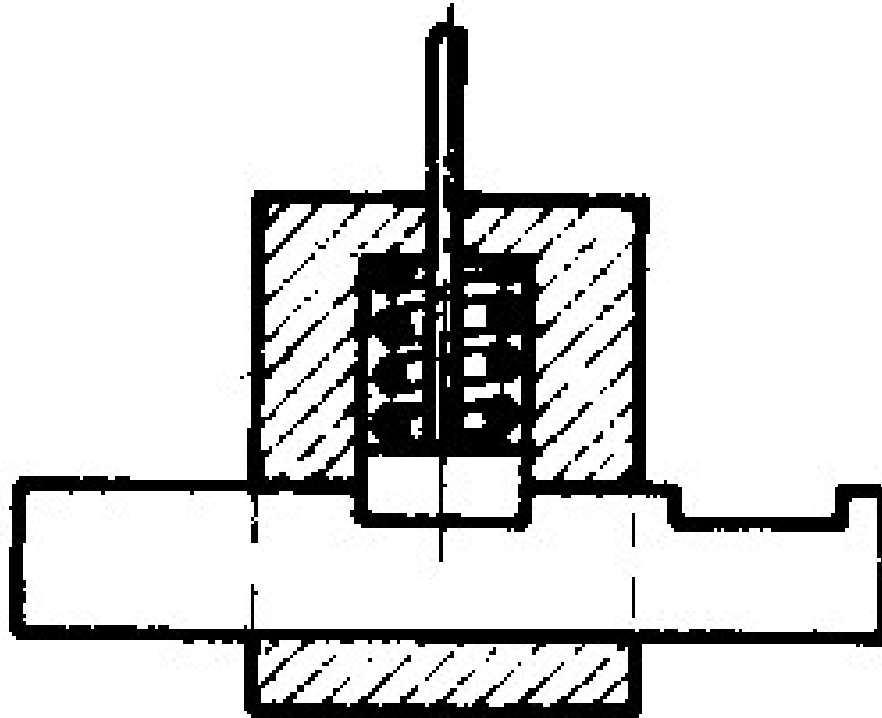
Zadržavač za rotaciono kretanje, koji koristi princip zadržavanja trenjem



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Elementi za zaustavljanje - primeri

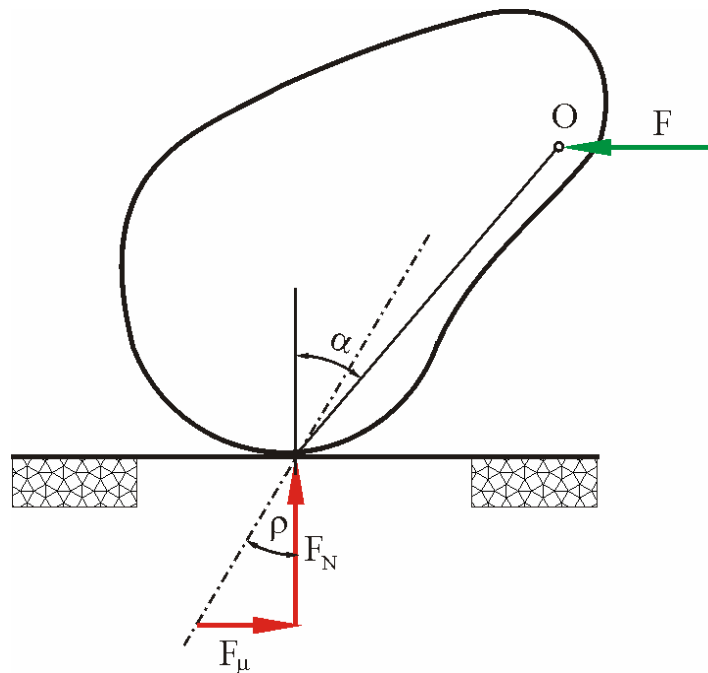
Ustavljajč za translatorno kretanje, koji koristi princip zaustavljanja oblikom



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Elementi za zaustavljanje

Isti element za zaustavljanje može da izvrši i funkciju ustavljača i funkciju zadržavača, u zavisnosti od veličine ugla napadne sile  $\alpha$ , ugla trenja  $\rho$  i veličine napadne sile  $F$ .



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

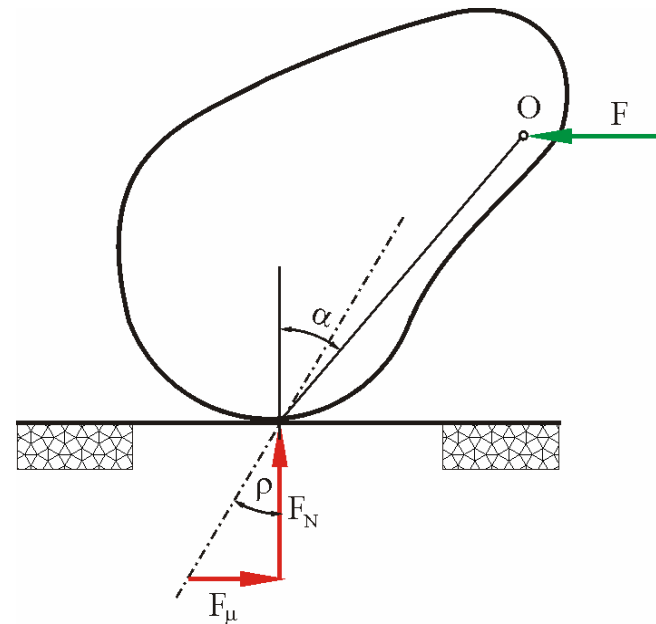
## Elementi za zaustavljanje

Ukoliko je  $\alpha > \rho$ , onda prikazani element na slici vrši funkciju zadržavača, a da bi se element pokrenuo potrebno je da napadna sila bude veća od sile trenja:

$$F > F_{\mu}$$

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

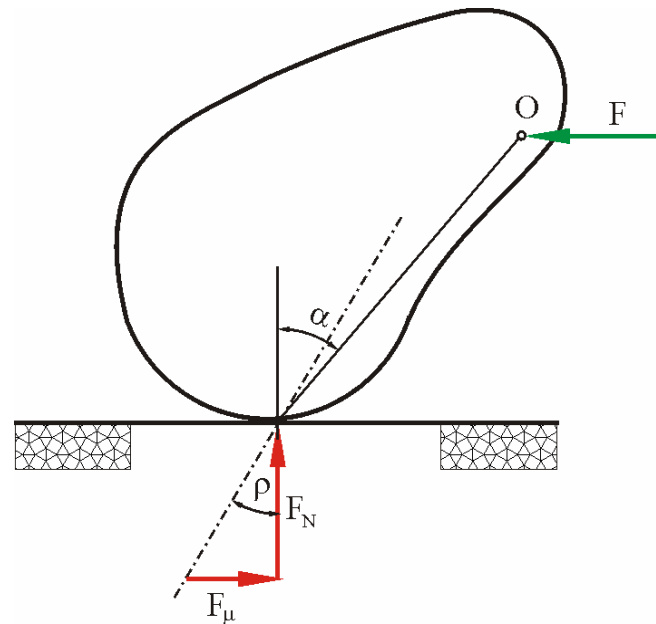
$$F_{\mu} = \mu F_N$$



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Elementi za zaustavljanje

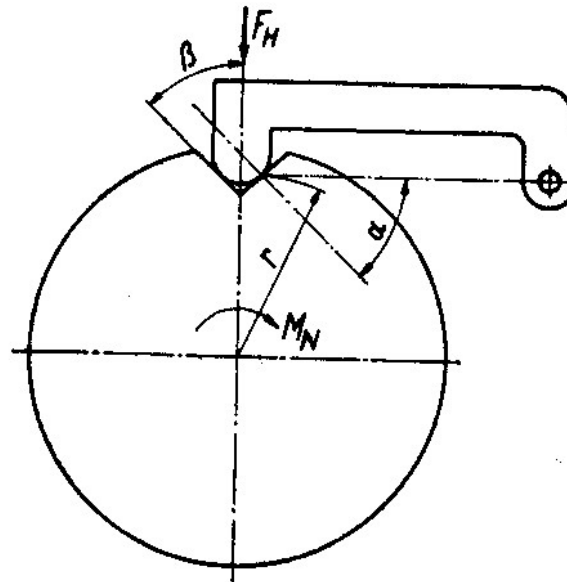
Ukoliko je  $\alpha < \rho$ , onda prikazani element na slici vrši funkciju ustavljača, pa nema kretanja, tj. da bi se element pokrenuo potrebno je da napadna sila bude beskonačno velika.



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Elementi za zaustavljanje

Za preciznu mehaniku je od naročitog značaja primena zadržavača za obezbeđenje određenog koraka pri kružnom i pravolinijskom kretanju. Na slici je prikazan zadržavač sa žlebom.

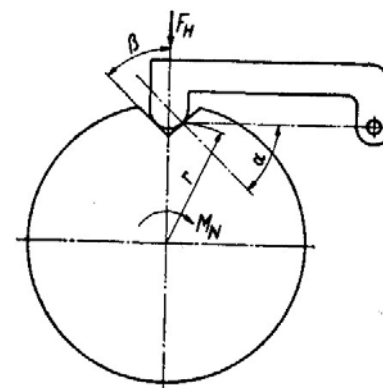
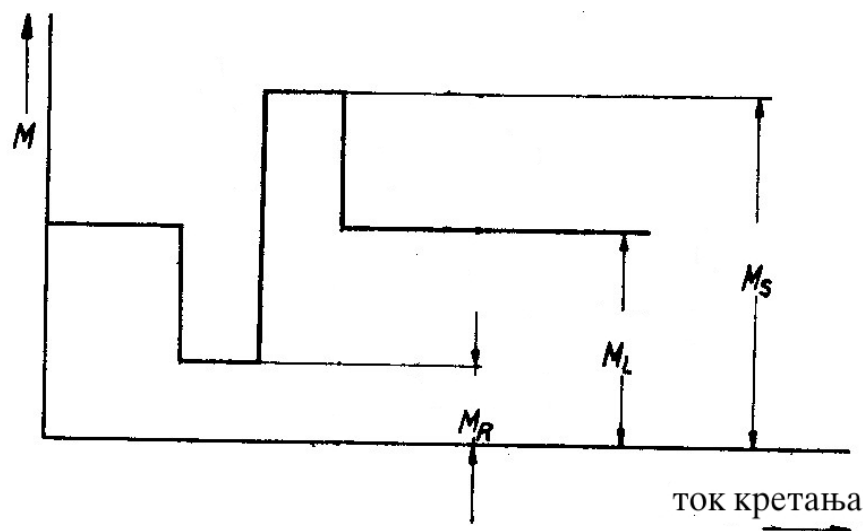




# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Elementi za zaustavljanje

Na slici je prikazan dijagram toka momenta prilikom kretanja mehanizma sa zadržavačem.

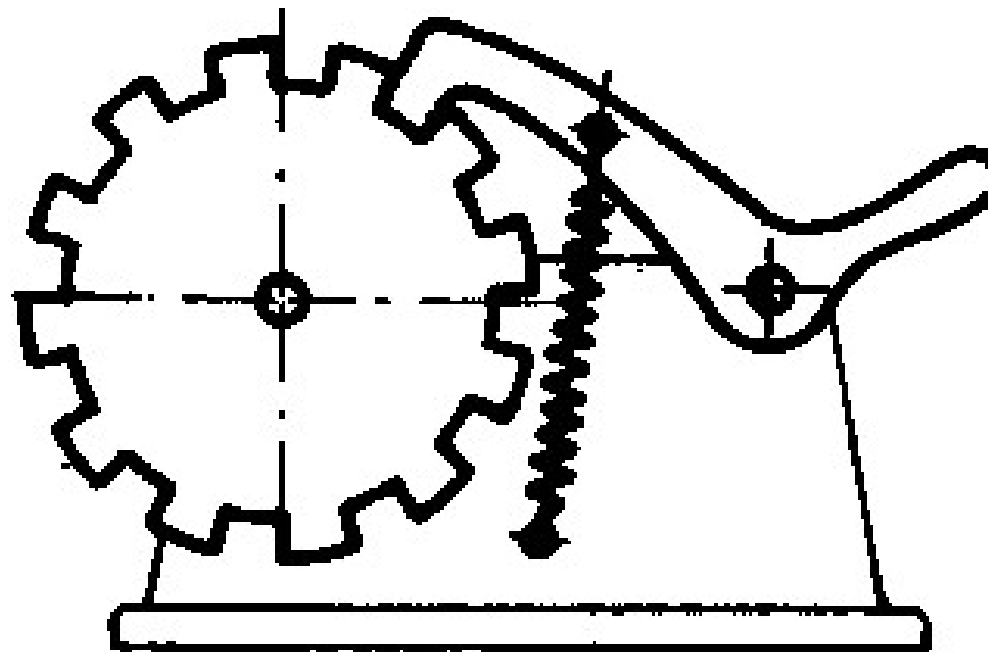


( $M_R$  - moment držanja u zahvatu,  $M_L$  - moment držanja van zahvata,  
 $M_S$  - moment potreban za izlaženje iz zahvata)

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Elementi za zaustavljanje

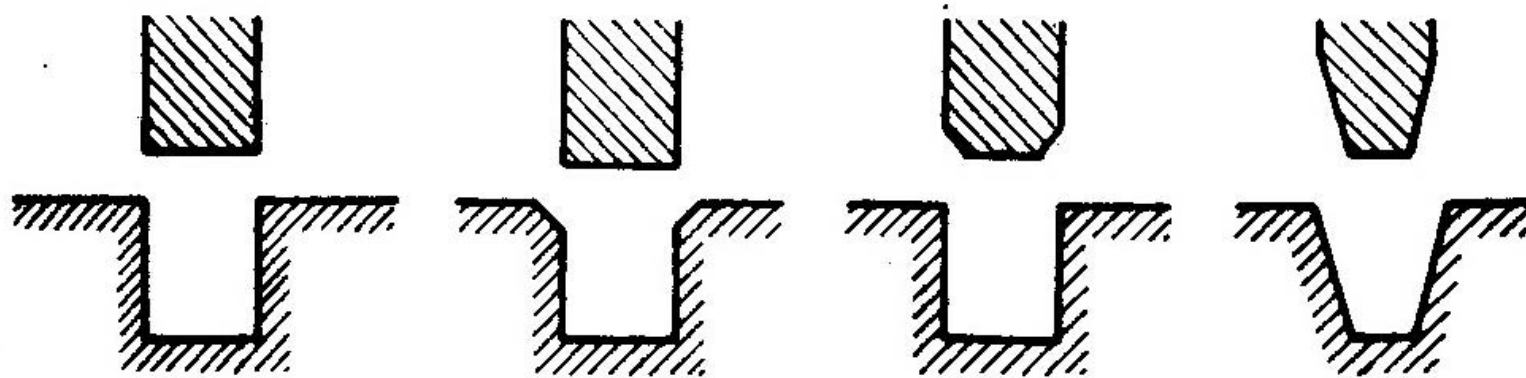
Na slici je prikazano jedno konstrukciono izvođenje elementa za zaustavljanje sa rezom i žlebom.



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Elementi za zaustavljanje

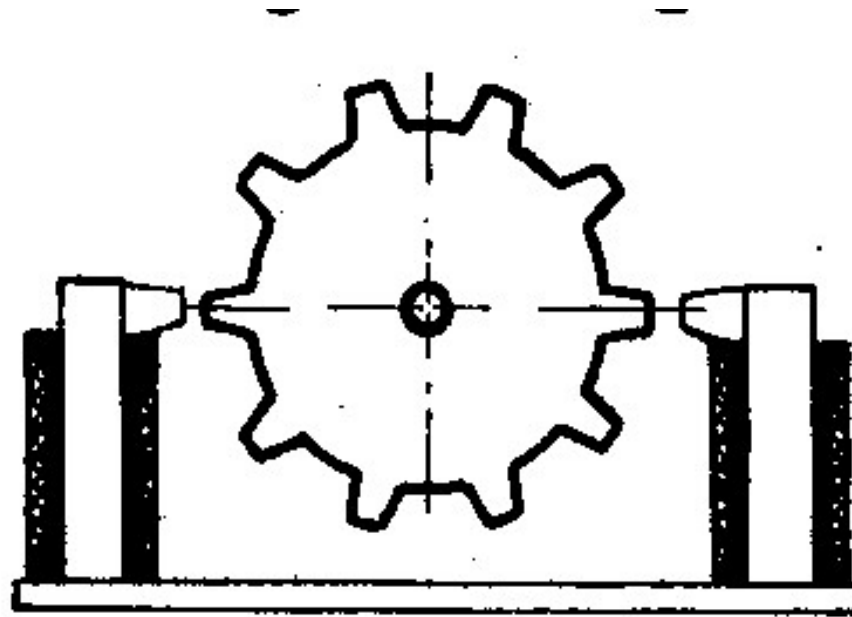
Na slici su prikazana osnovni oblici elemenata za zaustavljanje sa rezom i žlebom



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Elementi za zaustavljanje

Kod elemenata za zaustavljanje sa magnetom nema međusobnog dodirivanja elemenata



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Graničnici

Graničnici su takvi funkcionalni elementi koji imaju zadatak da ograniče oblast kretanja određenih funkcionalnih elemenata.

Prema vrsti kretanja elemenata čija se oblast kretanja ograničava graničnici se dele na:

- graničnike za pravolinijsko kretanje,
- graničnike za kružno kretanje.

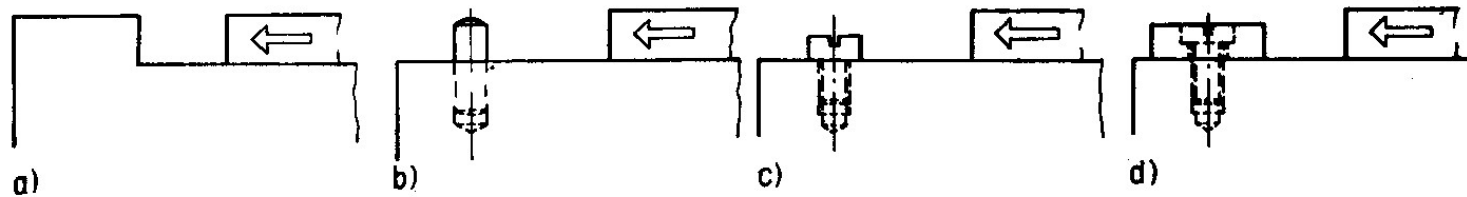
Graničnici za kružno kretanje mogu se podeliti na:

- graničnike za mala ugaona pomeranja,
- graničnike za veći broj obrtaja.

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Graničnici

Na slici su prikazani jednostavni kruti graničnici.

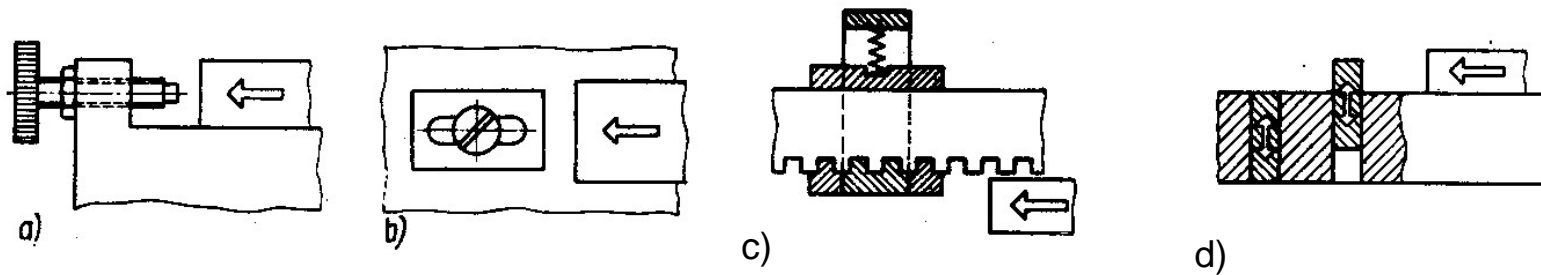


- a) ivica tela kao graničnik
- b) osovinica kao graničnik
- c) glava zavrtnja kao graničnik
- d) posebni ugradni element kao graničnik

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Graničnici

Na slici su prikazani podešljivi kruti graničnici.

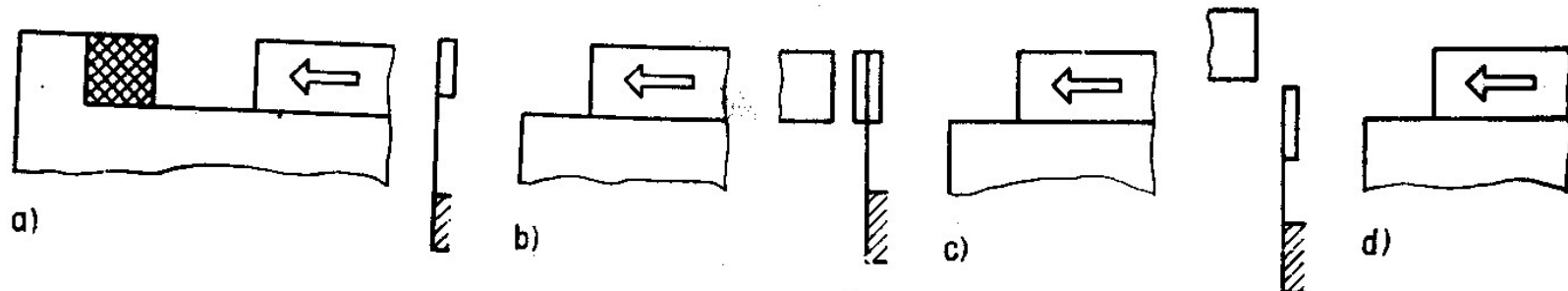


- a) graničnik sa podešljivim navojnim vretenom,
- b) graničnik sa translatorsnim pomeranjem,
- c) graničnik sa preskakanjem,
- d) uključno - isključni graničnik

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Graničnici

Na slici su prikazani elastični graničnici



- a) graničnik sa elastičnom gumom
- b) opružni graničnik
- c) redna veza opružnog i krutog graničnika
- d) paralelna veza opružnog i krutog graničnika



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Kočnice

Za razliku od spojnice, zadatak kočnica je usporenje, odnosno zaustavljanje pokretnih masa.

Kočnice su učvršćene na nepokretnom delu mašine i opterećuju sistem suprotnim momentom.

Princip rada kočnica zasniva se na mehaničkom trenju čvrstih tela, strujanju tečnosti i gasova i na elektromagnetnim silama.

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Kočnice

Prema funkciji razlikuju se:

- **regulacione kočnice**, koje služe za umanjenje obimne i translatorne brzine,
- **zaustavne kočnice**, koje služe za zaustavljanje obrtnih i translatorskih masa,
- **energetske kočnice**, kod kojih se u dužem vremenskom periodu energija kretanja pretvara u druge vidove energije, čime se postiže opterećenje odgovarajućih uređaja (ispitni stolovi).

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Kočnice

Na izbor kočnice odlučujuću ulogu imaju:

- eksploatacioni uslovi,
- svrha primene,
- kočioni moment,
- srednja dozvoljena energija kočenja,
- učestanost kočenja,
- radni vek,
- cena.

# **MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU**

## **Kočnice na principu trenja**

Kod kočnica na principu trenja dolazi do pretvaranja kinetičke energije u toplotu zbog trenja između pokretnog i nepokretnog dela kočnice.

Primenjuju se prvenstveno kod vozila, ali i kod manjih industrijskih uređaja.

U mnogim sistemima ove kočnice služe kao sigurnosni elementi, a prema načinu rada mogu biti ručne, elektromagnetne, hidrauličke ili pneumatske. U odnosu na kočioni par, kočiona sila može biti direktna ili indirektna (preko sistema poluga).

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Kočnice na principu trenja

Prednosti frikcionih kočnica su:

- jednostavna i laka ugradnja,
- relativno dugi radni vek.

Nedostaci frikcionih kočnica su:

- habanje radnih dodirnih površina kočionog para,
- promena kočionog momenta zbog promene koeficijenta trenja zavisno od temperature, pritiska i brzine klizanja.

# **MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU**

## **Kočnice na principu trenja**

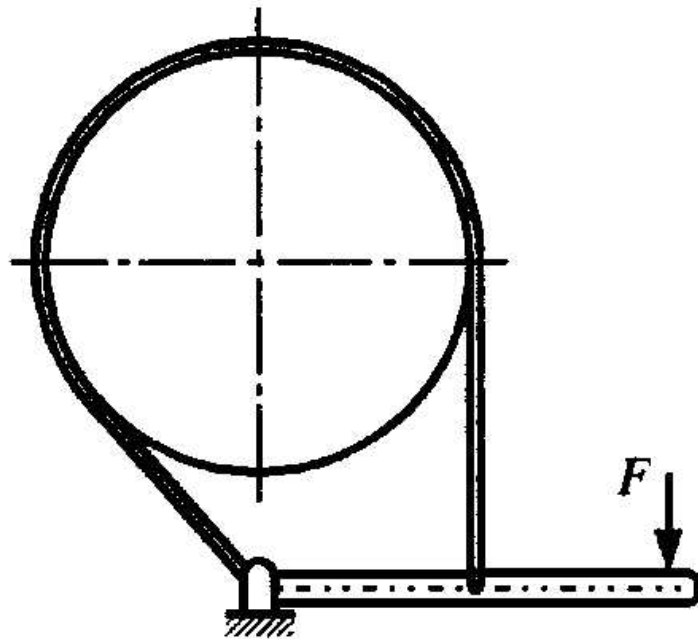
Konstruktivno ove kočnice mogu biti izvedene preko papuča, traka, ploča, lamela i konusa.

Prema pravcu delovanja sile kočenja mogu biti aksijalne i radijalne.

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Kočnice na principu trenja

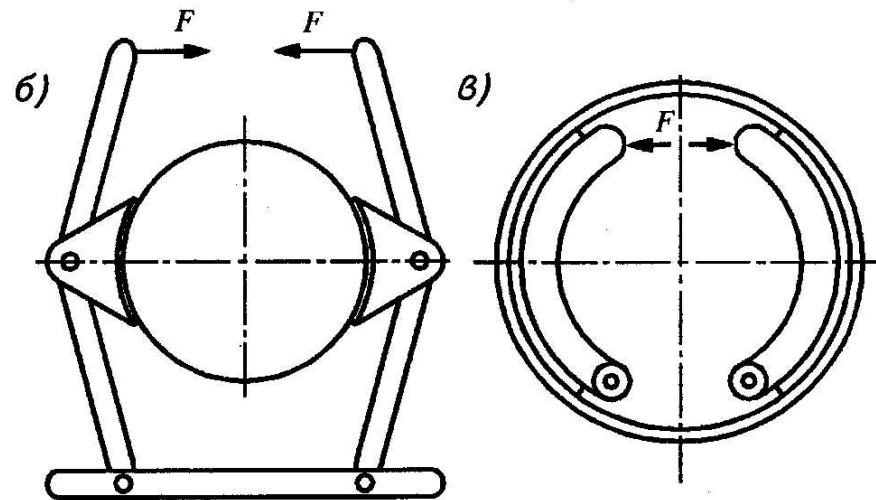
Najjednostavnija radijalna frikciona kočnica je kočnica sa trakom. Pritisak između trake i doboša ostvaruje se preko poluge. Ova kočnica ima niz nedostataka i danas se malo primenjuje.



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Kočnice na principu trenja

Kao radijalne frikционе kočnice koriste se i kočnice sa papučama. Umesto traka koriste se papuče koje mogu biti postavljene sa spoljašnje ili unutrašnje strane. Sila kočenja najčešće se ostvaruje sistemom poluga, elektromagnetnim ili hidrauličnim putem. Ove kočnice se primenjuju kod dizalica, železničkih i drumskih vozila.



Mehanički funkcionalni elementi

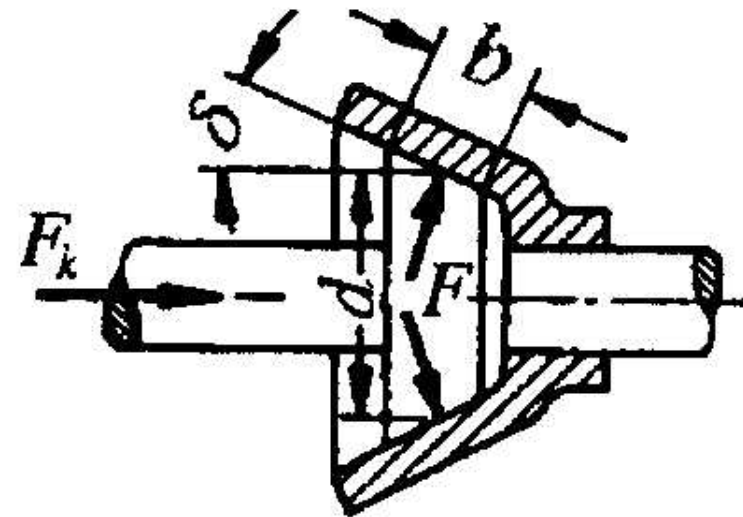
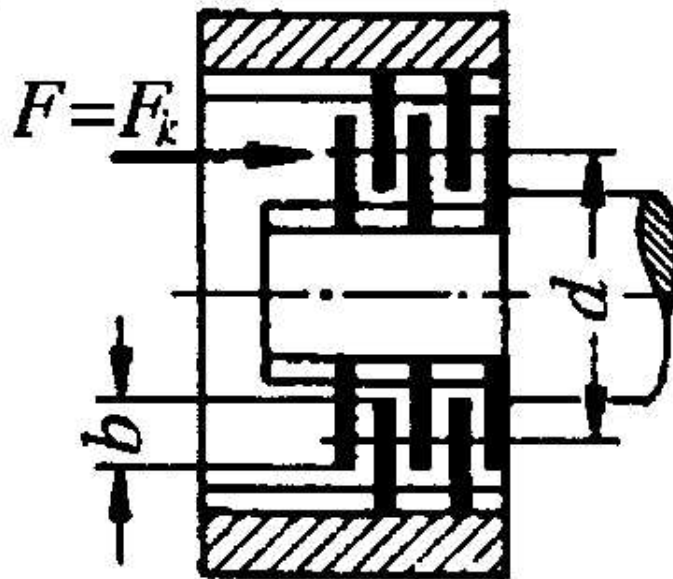
Mehanički elementi za ostvarivanje  
otpora pri kretanju



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Kočnice na principu trenja

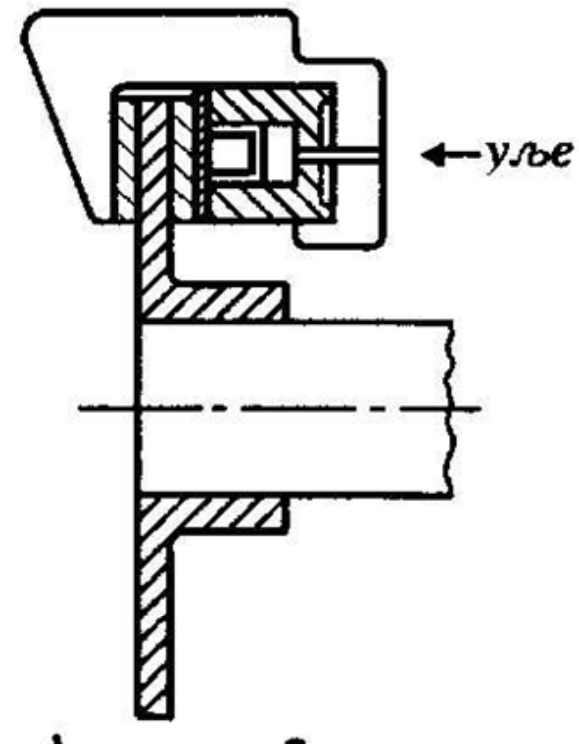
Mehaničke kočnice sa aksijalnom silom kočenja mogu biti sa ravnom ili konusnom dodirnom površinom.



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Kočnice na principu trenja

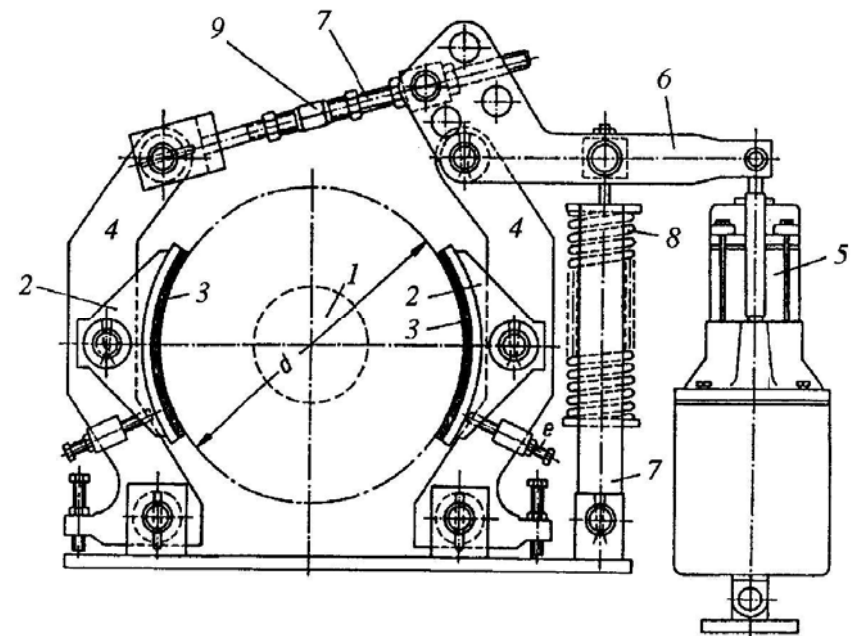
Disk kočnica takođe spada u aksijalne kočnice i predstavlja jednostavnije i savremenije konstrukciono rešenje u odnosu na radijalnu kočnicu sa unutrašnjim papučama kod primene u motornim vozilima. Kočenje se kod nje postiže dejstvom aksijalne sile preko frikcionih pločica. Aksijalna sila ostvaruje se hidrauličkim putem, tako da je konstrukcija kompaktna, a otpori kočenja veliki.



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Kočnice na principu trenja

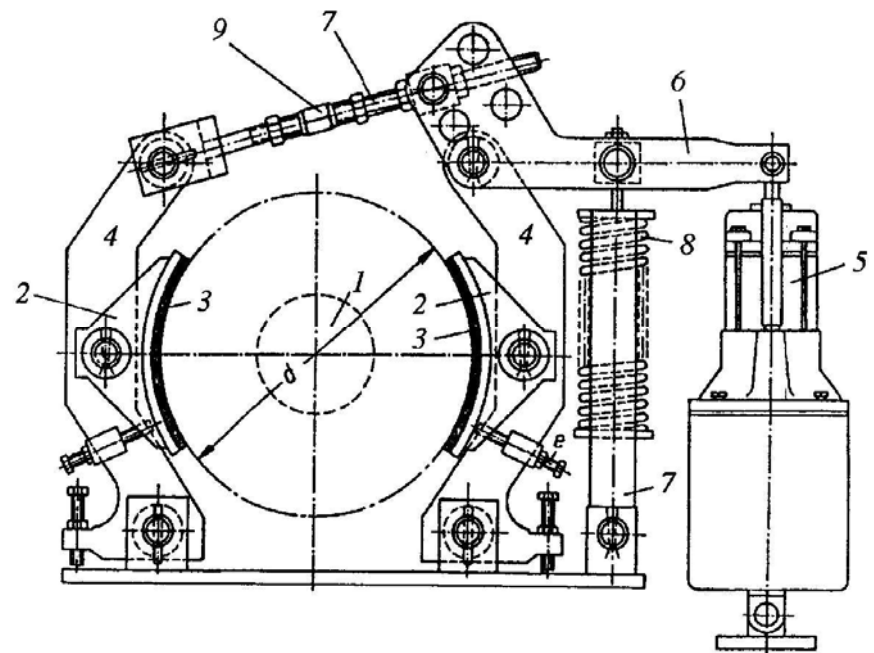
Na slici je prikazana konstrukcija kočnice sa dobošem i spoljašnjim papučama, koja se primenjuje kod kranova. Papuče su preko sistema poluga pritisnute sa spoljašnje strane na doboš. Na vratilo motora (1) postavljen je doboš prečnika  $d$ , na koji su sa obe strane oslonjene papuče (2) sa frikcionim oblogama (3).



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Kočnice na principu trenja

Papuče su sa polugama (4) zglobno vezane preko osovinice. Kočnica se aktivira preko elektromagneta (5) i sistema poluga (6), (7) i (4), i pri tome su papuče (2) pritisnute na doboš. Isključivanjem elektromagneta opruga (8) vraća papuče u prvobitni položaj i kočnica je isključena. Podešavanje veličine sile kočenja izvodi se preko navrtke (9).



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Prigušivači

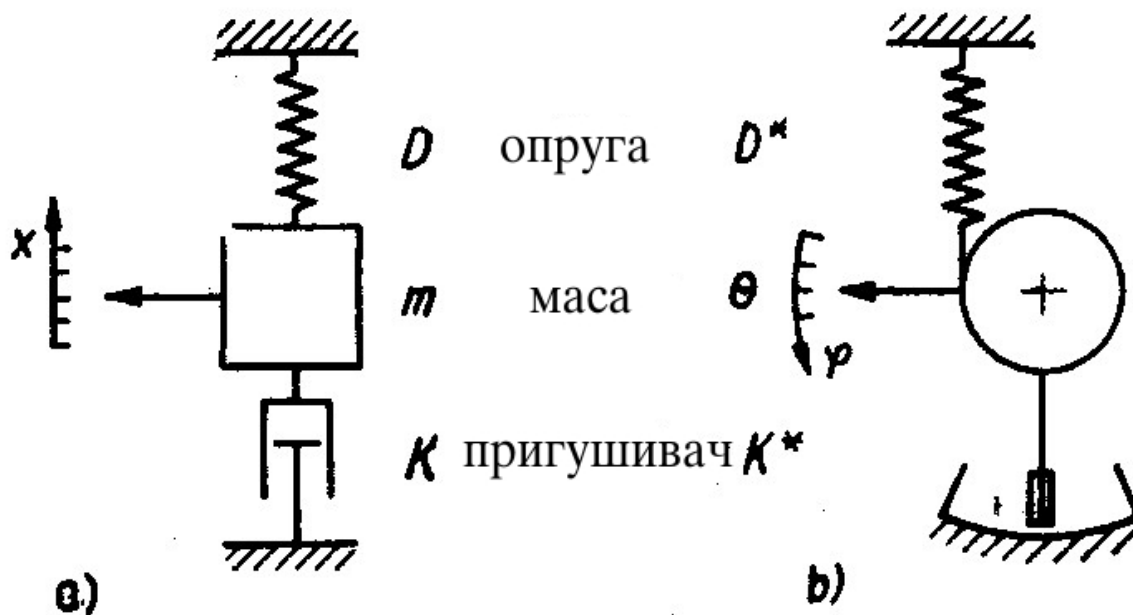
Kao i kočnice, i prigušivači su otporni elementi sa utroškom energije, odnosno njihova značajna karakteristika je da otporna sila deluje u jednom dužem vremenskom intervalu. I prigušivači služe da spreče ili okončaju takvo kretanje, kod koga se pravac menja ili može promeniti.

Prema tome, prigušivači su otporni elementi koji u oscilatornom procesu imaju za cilj da oduzmu energiju, da smanje amplitudu oscilovanja ili da dovedu kretanje u nulti položaj (stanje mirovanja).

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Prigušivači

Na slici su prikazani oscilatorni sistemi za uzdužne (slika a) i torzione oscilacije (slika b).

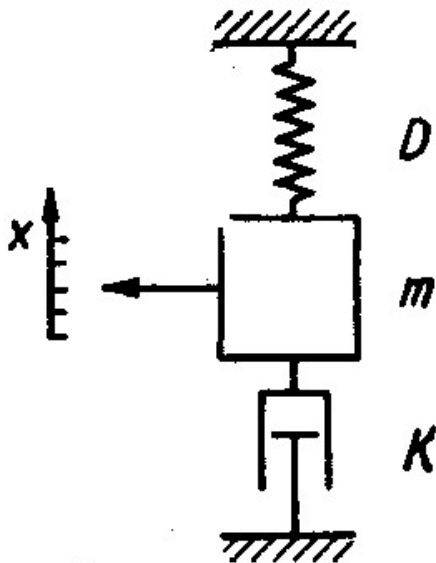


# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Prigušivači

Kretanje kod uzdužnih oscilacija može da se opiše diferencijalnom jednačinom:

$$m\ddot{x} + K\dot{x} + Dx \pm F_R = 0$$



$x$  - pomeranje,  
 $m$  - masa,  
 $K$  - konstanta trenja,  
 $D$  - konstanta opruge,  
 $F_R$  - sila trenja.

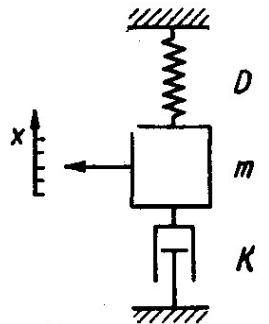
# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Prigušivači

$$m\ddot{x} + K\dot{x} + Dx \pm F_R = 0$$

U postavljenoj diferencijalnoj jednačini opisana je ravnoteža sila koje deluju na oscilatorni sistem:

- sile inercije  $m\ddot{x}$
- sile opruge  $Dx$
- sile Kulonovog trenja  $F_R$
- sile trenja proporcionalne brzini kretanja  $K\dot{x}$



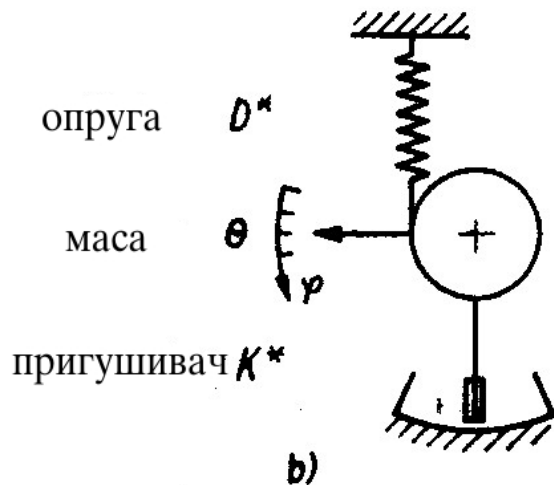


# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Prigušivači

Kretanje kod torzionih oscilacija može da se opiše diferencijalnom jednačinom:

$$J\ddot{\varphi} + K^* \dot{\varphi} + D^* \varphi \pm M_R = 0$$



$\varphi$  - ugaoni odklon,  
 $J$  - maseni moment inercije,  
 $K^*$  - konstanta trenja,  
 $D^*$  - konstanta opruge,  
 $M_R$  - moment trenja.

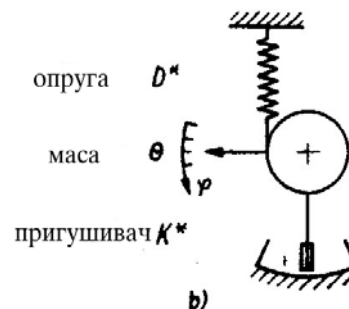
# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Prigušivači

$$\mathbf{J}\ddot{\varphi} + \mathbf{K}^* \dot{\varphi} + \mathbf{D}^* \varphi \pm \mathbf{M}_R = 0$$

U postavljenoj diferencijalnoj jednačini opisana je ravnoteža momenata koje deluju na oscilatorni sistem:

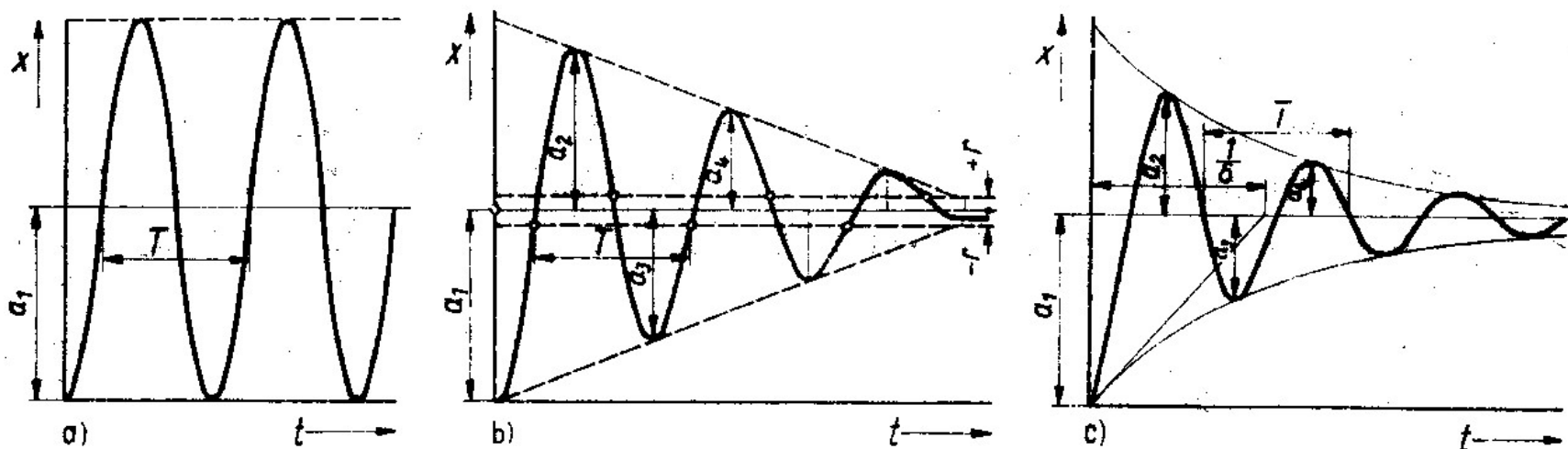
- momenta inercije  $\mathbf{J}\ddot{\varphi}$
- momenta opruge  $\mathbf{D}^* \varphi$
- momenta Kulonovog trenja  $\mathbf{M}_R$
- momenta trenja proporcionalnog ugaonoj brzini kretanja  $\mathbf{K}^* \dot{\varphi}$



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Prigušivači

Različiti oscilatorni procesi mogu da se prikažu na sledećim slikama:

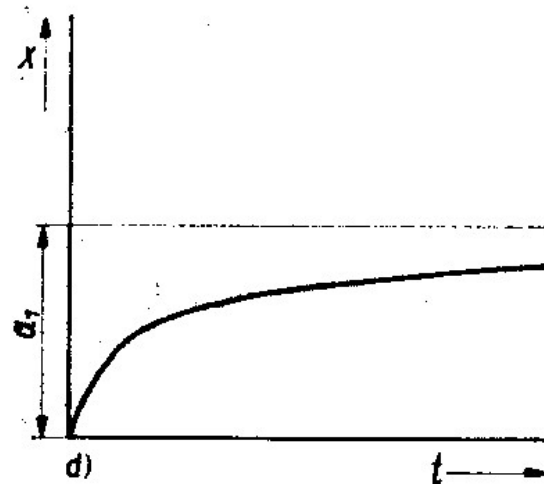


- a) neprigušene oscilacije,
- b) oscilacije sa Kulonovim trenjem,
- c) oscilacije sa malim trenjem proporcionalnom brzini kretanja

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Prigušivači

Različiti oscilatorni procesi mogu da se prikažu na sledećim slikama:

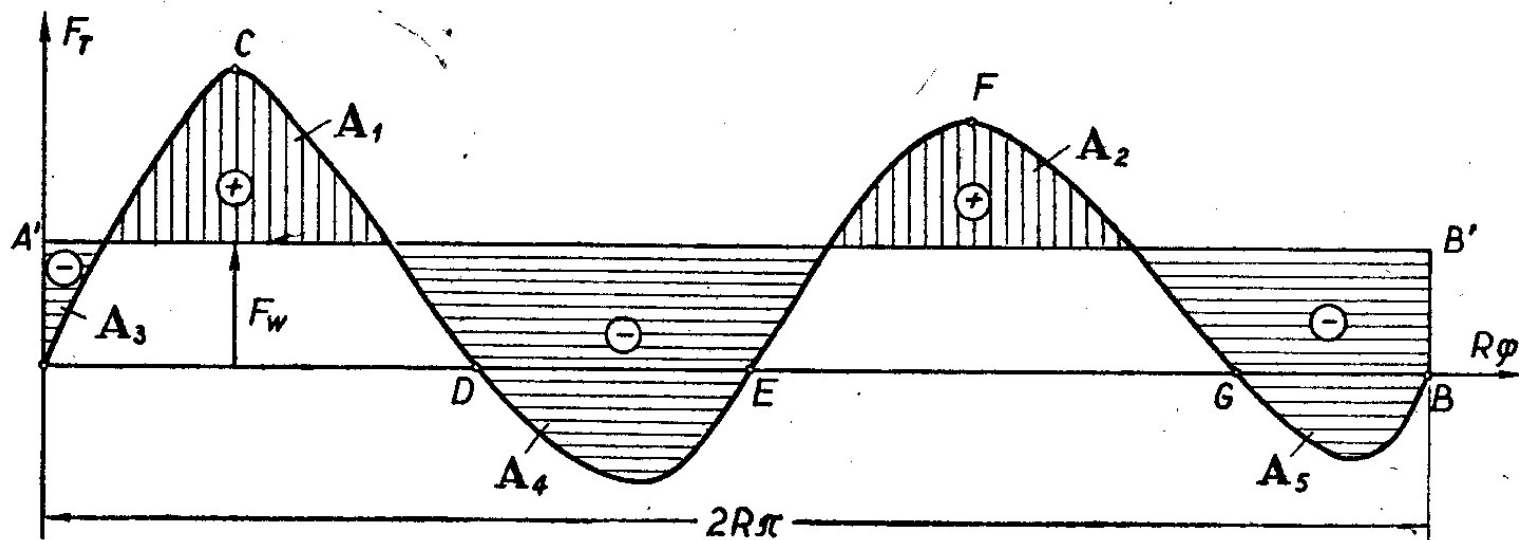


d) aperiodično kretanje sa velikim trenjem proporcionalnom brzini kretanja

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Zamajci

Na slici je prikazan dijagram rada pogonske sile klipnog mehanizma. Rad pogonske sile je površina omeđena dijagramom **ACDEFGB**, dok rad otporne sile je površina pravougaonika **AA'B'B**.

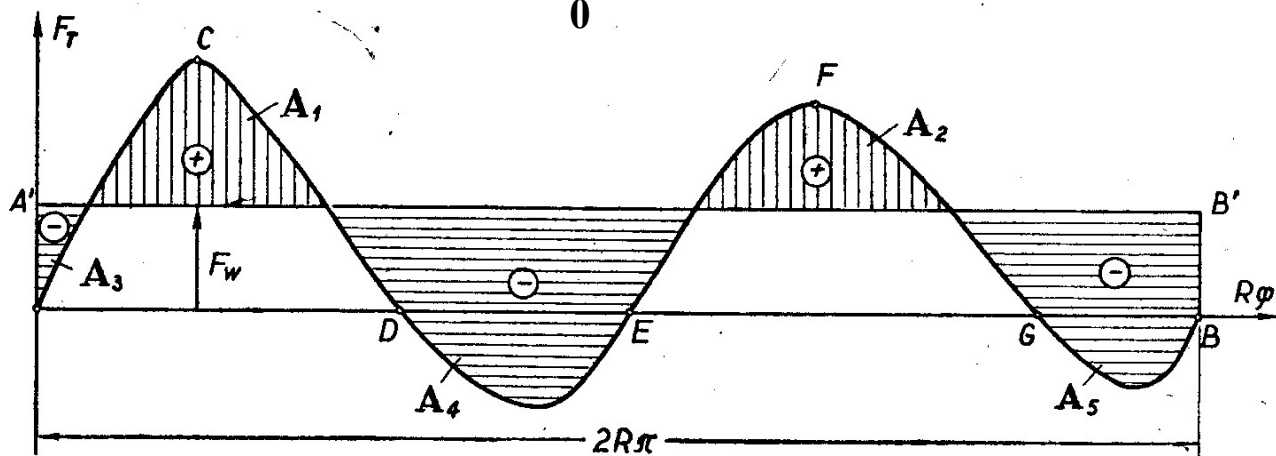


# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Zamajci

Da bi hod mašine bio stacionaran, tj. da bi vratilo mašine na kraju svakog ciklusa (obrtaja) imalo istu ugaonu brzinu, rad pokretne sile mora da bude jednak radu otporne sile:

$$\int_0^{2\pi} F_T R d\theta - F_w 2R\pi = 0$$



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

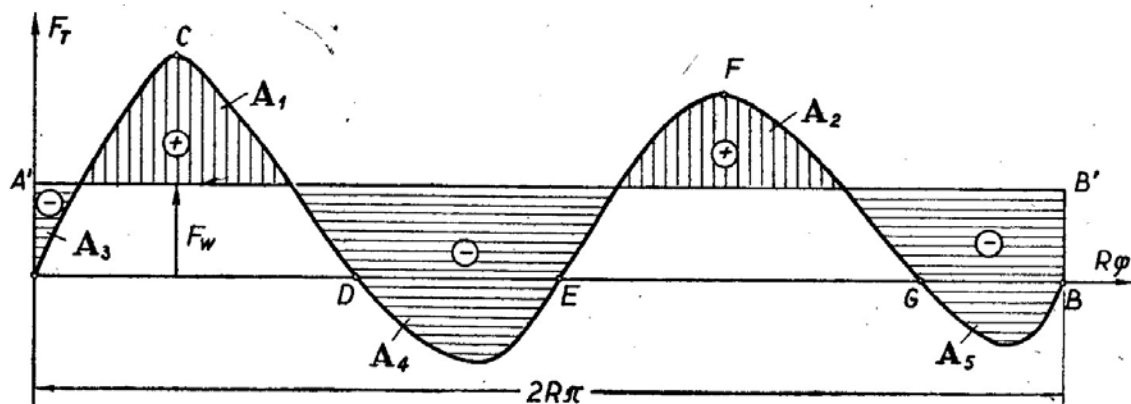
## Zamajci

Površine  $A_1$  i  $A_2$  predstavljaju viškove rada pogonske sile na otpornom silom

$$F_T > F_W$$

a površine  $A_3$ ,  $A_4$  i  $A_5$  predstavljaju manjkove rada pogonske sile na otpornom silom

$$F_T < F_W$$



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Zamajci

Iz dinamičke jednačine obrtanja  $\mathbf{J}\ddot{\omega} = \pm(\mathbf{F}_T - \mathbf{F}_W)\mathbf{R}$

$\mathbf{F}_T > \mathbf{F}_W \rightarrow$  ugaona brzina se povećava  $\rightarrow$  mase se ubrzavaju,

$\mathbf{F}_T < \mathbf{F}_W \rightarrow$  ugaona brzina opada  $\rightarrow$  mase se usporavaju.

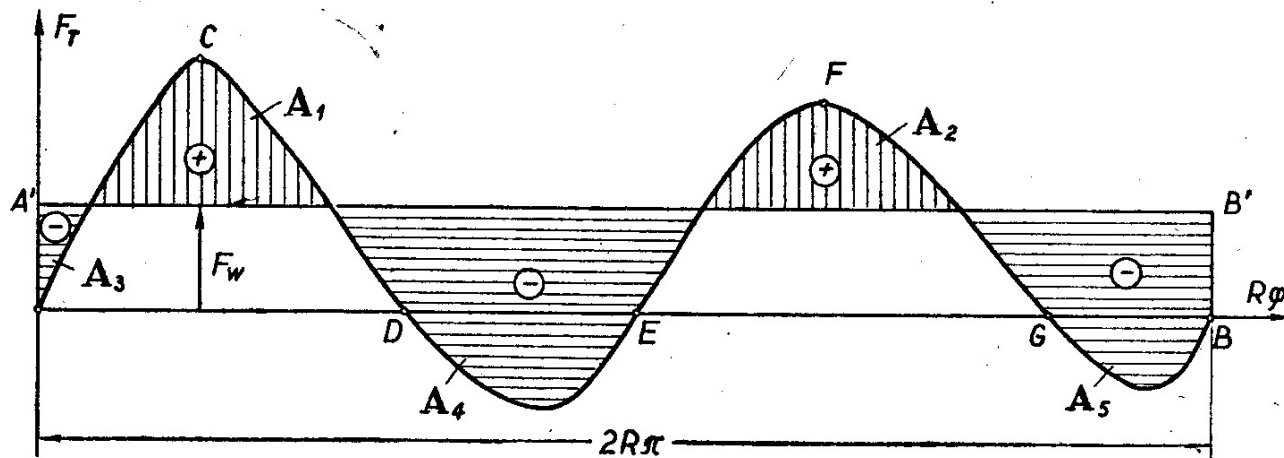


# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Zamajci

U toku jednog obrtaja ugaona brzina se menja od najveće  $\omega_{\max}$  do najmanje vrednosti  $\omega_{\min}$ . Kod stacionarnog kretanja brzina treba da bude konstantna, pa višak rada mora da bude jednak manjku rada:

$$A_1 + A_2 = A_3 + A_4 + A_5$$



# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Zamajci

Zbog toga se koristi zamajac kao akumulator kinetičke energije. U toku jednog obrtaja krivaje on dva puta prima višak rada (kinetičke energije) pogonske sile, da bi ga i dva puta odao kada rad pogonske sile bude manji od rada otpornih sila.

Zadatak dinamike mašina je da se odredi masa zamajca tako da varijacija ugaone brzine u toku jednog obrtaja ne pređe izvesnu vrednost, pri čemu bi se hod mašine mogao smatrati praktično stacionarnim.

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Zamajci

Srednja ugaona brzina se uzima kao aritmetička sredina ekstremnih vrednosti brzina:

$$\omega_s = \frac{\omega_{\max} + \omega_{\min}}{2}$$

Varijacija ugaone ubrzanje redukovana na srednju brzinu predstavlja koeficijent neravnomernosti mašine:

$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega_s}$$

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Zamajci

Ako označimo sa  $A_z$  označimo višak (manjak) rada pogonske sile, onda je prema zakonu o održanju energije višak kinetičke energije koji treba da primi zamajac:

$$A_z = \Delta E_k = \frac{1}{2} J (\omega_{\max}^2 - \omega_{\min}^2) = J \delta \omega_s^2 = J \delta \left( \frac{\pi n}{30} \right)^2$$

pa je moment inercije zamajca za njegovu geometrijsku osu simetrije:

$$J = \frac{900}{\pi^2 \delta} \frac{A_z}{n^2}$$

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Zamajci

U praksi se obično računa sa težinom zamajca pomnoženom njegovim prečnikom, odnosno sa karakteristikom zamajca  $GD^2$  koje se naziva zamajni moment i koji je merodavan za dimenzionisanje zamajca.

# MEHANIČKI ELEMENTI ZA OSTVARIVANJE OTPORA PRI KRETANJU

## Zamajci

Zamajac se obično izvodi u obliku venca (bandaža) (slika a) ili u obliku točka sa žbicama (slika b).

