

# PROTIVTRZAJUĆI UREĐAJ

Protivtrzajući (PT) uređaj obezbeđuje elastičnu vezu između cevi i lafeta artiljerijskog oruđa, čime se smanjuje uticaj opaljenja na delove oruđa. Protivtrzajući uređaj je namenjen za:

- Kočenje kretanja trzajućih delova pri trzanju.
- Vraćanje trzajućih delova i njihovo držanje u prednjem položaju pri svim uglovima elevacije cevi, kada je oruđe nepokretno ili kada se kreće.
- Kočenje kretanja trzajućih delova pri vraćanju.

Osnovni delovi protivtrzajućeg uređaja su:

- **Hidraulična kočnica trzanja**
- **Hidraulična kočnica vraćanja**
- **Povratnik**

Osnovna uloga hidraulične kočnice (kočnica trzanja i kočnica vraćanja) je kočenje kretanja trzajućih delova pri trzanju i pri vraćanju sa zahtevanim zakonima promene sile otpora kretanju. Uloga povratnika je vraćanje trzajućih delova i njihovo držanje u prednjem položaju korišćenjem energije koja se akumulira u toku trzanja.

Pored navedenih osnovnih delova u konstrukciji PT uređaja mogu da budu i sledeći elementi:

- Kočnica dosedanja pri vraćanju
- Kompenzator hidraulične kočnice
- Uređaj za promenu dužine trzanja u zavisnosti od promene ugla elevacije cevi.

Zahtevi koje treba da ispuni protivtrzajući uređaj su:

- a) Pouzdano, ravnomerno i kontinualno dejstvo, jednoobrazno i stabilno u svim uslovima gađanja.
- b) Kinetička energija trzajućih delova mora da se amortizuje na zahtevanoj dužini trzanja. Vraćanje mora da bude ravnomerno, kontinualno i energično, za što je moguće kraće vreme.
- c) Pri dugotrajnom čuvanju i skladištenju oruđa funkcija PT uređaja mora da bude ispravna.
- d) Konstrukcija PT uređaja treba da je prosta, a njegova eksploatacija laka i jednostavna. Rasklapanje, sklapanje i podešavanje treba da bude brzo i jednostavno.
- e) Ukoliko su na oruđu ugrađeni poluautomatski ili automatski uređaji ili mehanizmi koji koriste energiju trzanja ili vraćanja, funkcijom PT uređaja moraju da se obezbede uslovi za njihov ispravan rad.

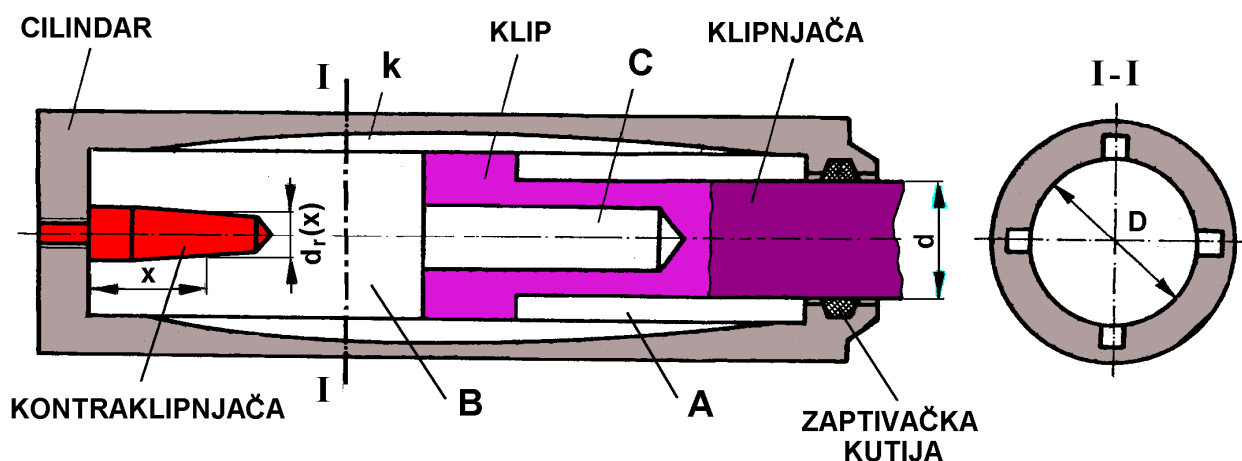
Kod savremenih artiljerijskih oruđa najčešće se primenjuju sledeći načini ugradnje delova protivtrzajućeg uređaja na oruđe:

- Kočnica trzanja i kočnica vraćanja su objedinjene u jednu konstrukcionu celinu, a povratnik je posebna celina.
- Kočnica trzanja, kočnica vraćanja i povratnik su objedinjeni u jednu konstrukcionu celinu, a po potrebi se ugrađuje kočnica dosedanja pri vraćanju kao poseban uređaj.
- Kočnica trzanja, kočnica vraćanja i povratnik predstavljaju posebne konstrukcione celine.

## HIDRAULIČNA KOČNICA

Princip rada hidraulične kočnice objasnićemo na primeru jednog od mogućih konstrukcionih rešenja (Sl. 1).

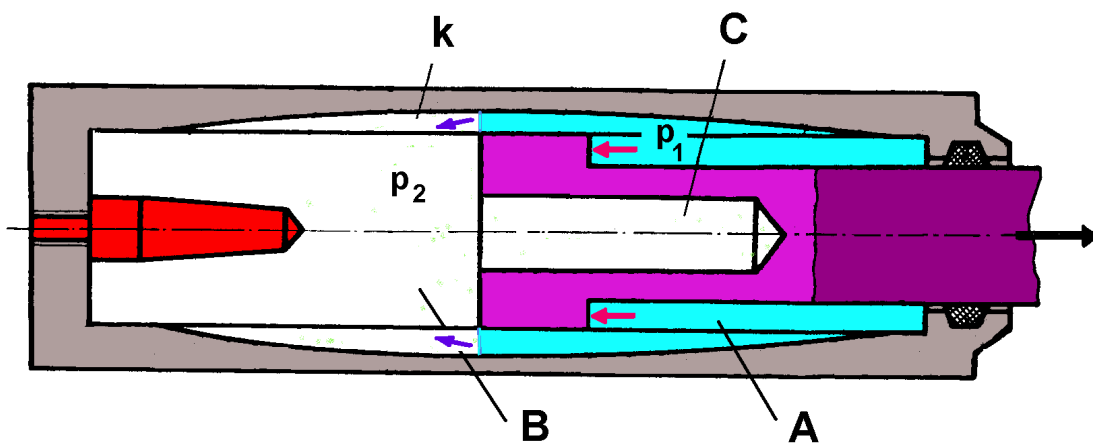
Osnovni delovi hidraulične kočnice su: cilindar, klipnjača sa klipom, zaptivačka kutija i kontraklipnjača promenljivog poprečnog preseka. Cilindar kočnice je napunjen hidrauličnom tečnošću koja pri kretanju klipa protiče iz zapremine A u zapreminu B (ili obrnuto) kroz kanale (k) promenljive dubine izrađene na unutrašnjoj površini cilindra.



Sl 1. Hidraulična kočnica trzanja sa kanalima i kočnica vraćanja sa kontraklipnjačom

Ako je cilindar kočnice vezan za kolevku oruđa, onda se trza klipnjača sa klipom, koja je vezana za zadnjak (klipnjača sa klipom je sastavni deo trzajuće mase). Pošto je površina poprečnog preseka kanala (k) mala u odnosu na radnu površinu klipa, tokom trzanja se pri proticanju tečnosti javlja velika razlika pritisaka  $p_1$  u radnoj zapremini A i pritiska  $p_2$  u zapremini B iza klipa. Veličina pritiska  $p_1$  zavisi od gustine i viskoznosti hidraulične tečnosti, površine poprečnog preseka kanala za proticanje tečnosti, veličine radne površine klipa i brzine trzanja klipnjače sa klipom. Izvestan uticaj na veličinu pritiska  $p_1$  imaju geometrijski oblik protočnih otvora i odnos površina poprečnog preseka klipa i klipnjače.

Kod hidraulične kočnice prikazane na slici 1 pre opaljenja sve zapremine su potpuno ispunjene hidrauličnom tečnošću. Može se usvojiti da je pri trzanju pritisak  $p_2$  jednak nuli, pošto se pri izvlačenju klipnjače iz cilindra na celoj dužini trzanja u kočnici u prostoru iza klipa oslobađa zapremina koja nije ispunjena tečnošću (zapremina vakuuma).



SI 2. Funkcija hidraulične kočnice sa slike 1 pri trzanju

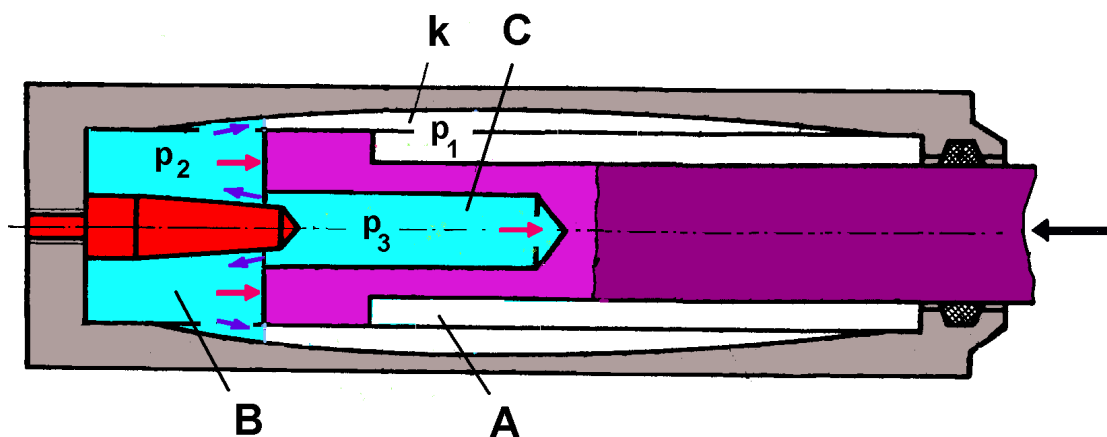
Sila hidrauličnog otpora kočnice trzanja pri trzanju određuje se izrazom:

$$F_{\text{hkt,trz}} = p_1 \frac{(D^2 - d^2) \pi}{4}$$

gde su:  $D$  - unutrašnji prečnik cilindra kočnice  
 $d$  - spoljni prečnik klipnjače

Sila  $F_{\text{hk}}$  koči kretanje trzajućih delova pri trzanju, a preko dna cilindra i veze sa kolevkom opterećuje lafet oruđa u smeru trzanja. Pošto veličina pritiska  $p_1$  zavisi od površine poprečnog preseka protočnih otvora, traženi zakon kočenja trzajućih delova se kod ovakve kočnice dobija odgovarajućom promenom površine kanala.

Pri vraćanju trzajućih delova klipnjača sa klipom se kreće u suprotnom smeru. Pritisak u zapreminama A i B je približno jednak nuli do potpunog poništavanja vakuuma u kočnici, tako da u ovom periodu nema proticanja tečnosti kroz kanale na cilindru. U daljem toku vraćanja tečnost protiče kroz kanale (k) iz zapremine B u zapreminu A, čime se javlja sila hidrauličnog otpora kočnice trzanja pri vraćanju, kao posledica dejstva pritiska u zapremini B na površinu klipa:



SI 2. Funkcija hidraulične kočnice sa slike 1 pri vraćanju

$$F_{\text{hkt,vra}} = p_2 \frac{D^2 \pi}{4}$$

Ova sila nije dovoljna za obezbeđivanje zahtevanog zakona kočenja pri vraćanju. Zato se ugrađuje hidraulična kočnica vraćanja, koju u primeru na Sl. 1 predstavljaju kontraklipnjača i otvor u klip.

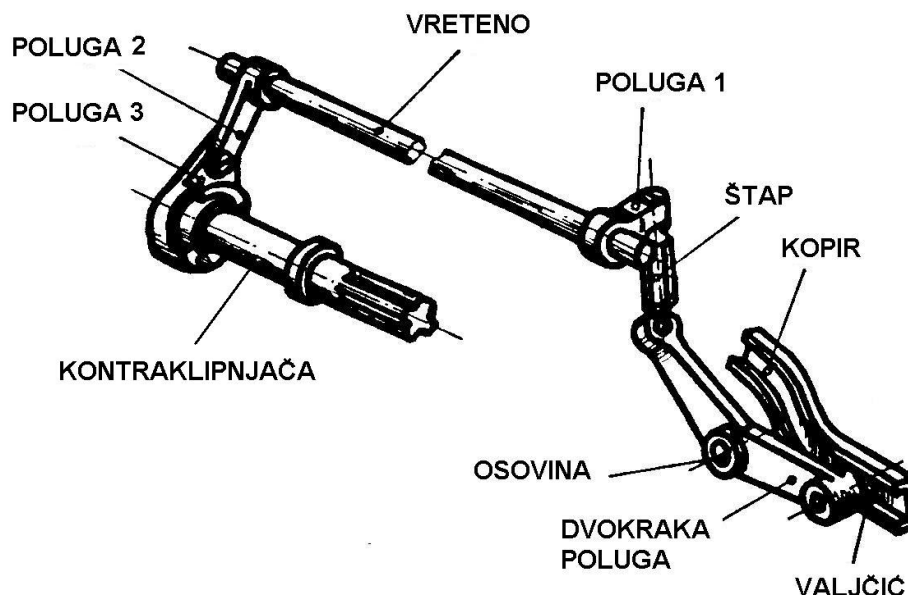
Na poslednjem delu puta vraćanja tečnost iz zapremine C (u šupljini klipnjače) protiče kroz prstenasti otvor između klipa i kontraklipnjače u zapremini B. Pri tome se u zapreminama B i C javljaju pritisci koji deluju na klip i klipnjaču, čime se stvara silu hidrauličnog otvora kočnice vraćanja pri vraćanju:

$$F_{\text{hkv,vra}} = (p_3 - p_2) \frac{d_r^2 \pi}{4}$$

Promena veličine sile kočenja ostvaruje se odgovarajućom površinom protočnih otvora - promenom profila kontraklipnjače.

Na hidraulične kočnice se u određenim slučajevima ugrađuje **mehanizam za promenu dužine trzanja u zavisnosti od ugla elevacije**. Ovaj mehanizam omogućuje da se pri manjim uglovima elevacije, u cilju obezbeđivanja stabilnosti oruđa, koristi dugačko trzanje (manja sila otpora trzanju, a pri većim uglovima elevacije, kada stabilnost oruđa nije ugrožena, kratko trzanje (veća sila otpora trzanju). Smanjivanje dužine trzanja pri većim uglovima elevacije je potrebno da bi se izbeglo kopanje rupe za prolaz zadnjaka na vatrenom položaju oruđa.

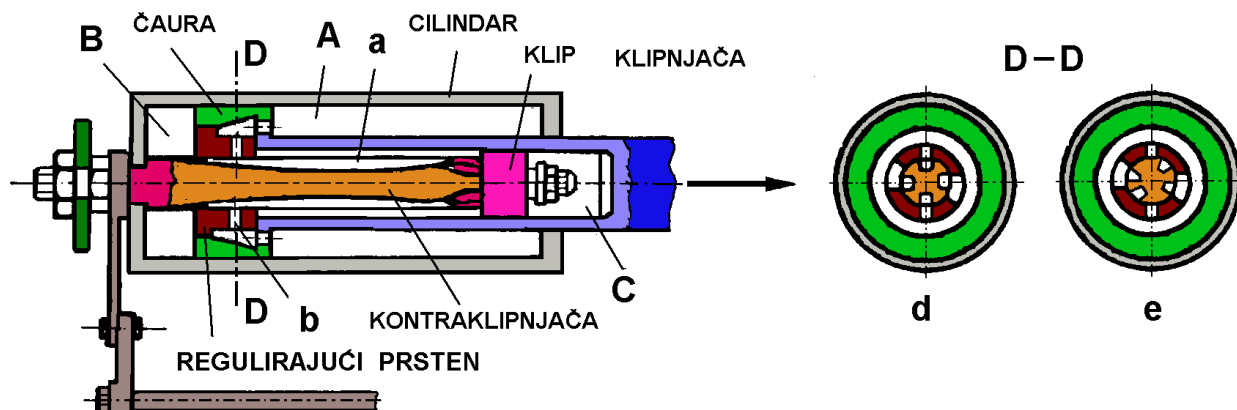
Jedno konstrukciono rešenje mehanizma za promenu dužine trzanja dato je na slici 4. Valjčić na dvokrakoj poluzi kreće se po kanalu kopira ugrađenog na jednoj od stranica gornjeg lafeta. Dvokraka poluga se obrće oko osovine i povlačenjem štapa i poluge 1 zakreće vreteno koje je uležišteno na kolevcu oruđa. Zakretanje vretena se preko poluga 2 i 3 prenosi na kontraklipnjaču hidraulične kočnice.



Sl 4. Mehaniizam za promenu dužine trzanja

Hidraulična kočnica koja koja sadrži navedeni mehaniizam prikazana je na slici 5. Obrtanjem kontraklipnjače, na kojoj se nalaze kanali promenljive dubine, menja se položaj ovih kanala u odnosu na odgovarajuće otvore na čauri sa regulirajućim prstenom. Polovina ukupnog broja kanala (a) na kontraklipnjači ima dužinu koja odgovara najvećoj dužini trzanja, a dužina

druge polovine kanala odgovara kratkom trzanju. Kanali iste dužine raspoređeni su u parovima, jedan naspram drugog. Čaura sa regulirajućim prstenom ima onoliko otvora (b) koliko ima kanala na kontraklipnjači. Čaura smeštena na klipnjači, koja se pri trzanju kreće u cilindru.



**Sl 5. Hidraulična kočnica trzanja sa kanalima i promenljivom dužinom trzanja**

Pri trzanju tečnost iz zapremine A protiče kroz otvore (b) i kanale (a) u zapreminu B. Jedan deo tečnosti protiče kroz kanale (a) i otvore na klipu kontraklipnjače i popunjava zapreminu C u šupljini klipnjače.

Raspored otvora (b) i kanala (a) koji odovvara dugom trzanju prikazan je na preseku D-D (d). Svi kanali se nalaze naspram odgovarajućih otvora na čauri, tako da je usled velike površine protočnih otvora, sila otpora trzanju smanjena.

Kada mehanizam za promenu dužine trzanja zaokretne kontraklipnjaču, kanali za kratko trzanje dovode se naspram otvora (b) na čauri, a kanali za dugo trzanje su potpuno zatvoreni. Pošto je površina protočnih otvora smanjena, raste sila kočenja i smanjuje se dužina trzanja. Ovaj slučaj je prikazan na preseku D-D (e).

U odnosu na hidrauličnu kočnicu istog tipa prikazanu na slici 1, kočnica sa slike 5 ima dve bitne prednosti:

- Izrada kanala promenljive dubine na kontraklipnjači je lakša nego na unutrašnjoj površini cilindra.
- Istrošenje čaure na spoljašnjem prečniku ne utiče na veličinu protočnih otvora, za razliku od istrošenja klipa kočnice sa slike 1.

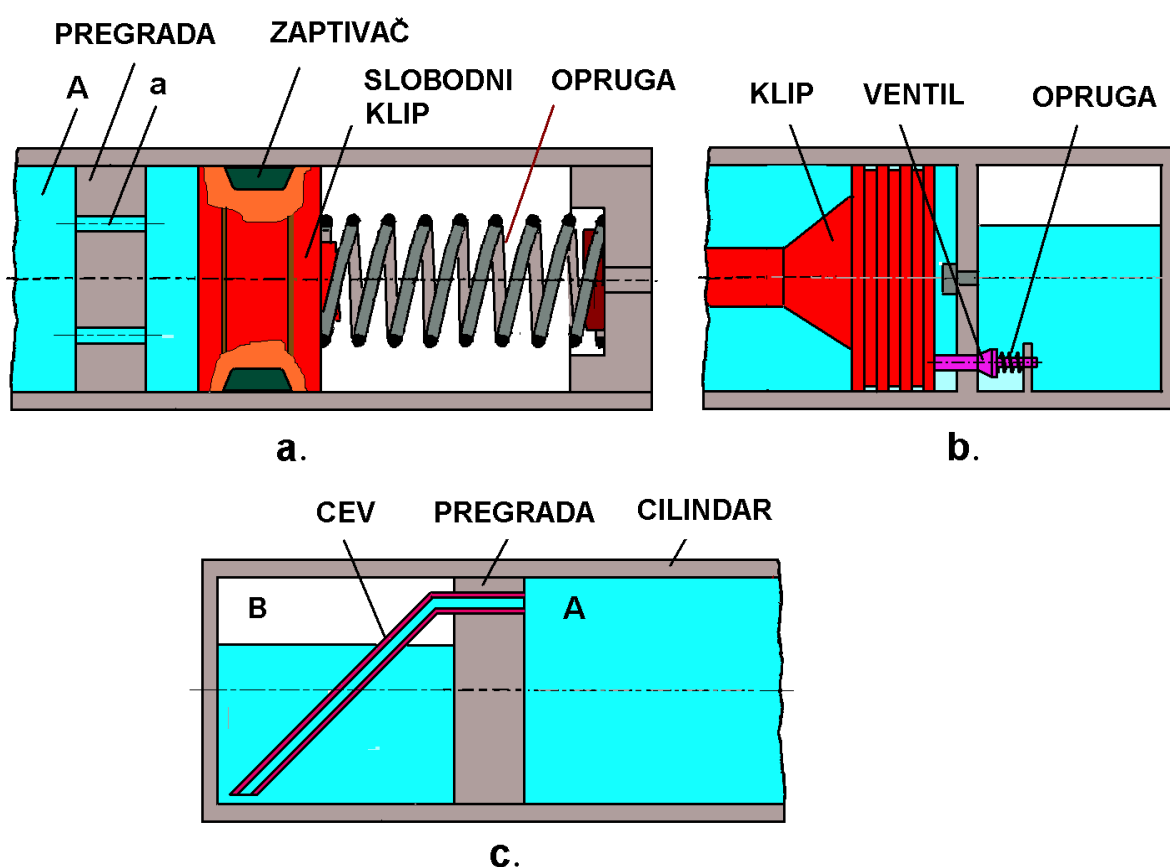
U toku kretanja trzajućih delova njihova kinetička energija se amortizuje radom sile hidrauličnog otpora na nekom putu trzanja, odnosno pretvara se u kinetičku energiju strujanja hidraulične tečnosti kroz protočne otvore brzinama većim od 1000 m/s. Deo kinetičke energije pretvara se u toplotnu energiju usled trenja na kliznim površinama i u zaptivačima kočnice, kao i pri vrtložnom strujanju nakon udara u dno cilindra. Stvorena toplota se kroz zidove kočnice zračenjem odvodi u okolinu ili se prenosi na susedne delove oruđa.

Zagrevanje tečnosti traje nekoliko stotina milisekundi tokom ciklusa trzanje - vraćanje. Hlađenje tečnosti traje znatno duže, tako da pri dužem gađanju većim brzinama gađanja dolazi do postepenog zagrevanja tečnosti u kočnici. Temperatura tečnosti se povećava za 0.5 ÷ 1.5 K po jednom opaljenju.

Usled zagrevanja tečnosti povećava se njena zapremina, pa u cilindru hidraulične kočnice nema dovoljno mesta za potpuno uvlačenje klipnjače, Zbog toga se javlja nepotpuno dosedanje trzajućih delova pri vraćanju, koje može da izazove preopterećenje lafeta i da naruši stabilnost oruđa. Da bi se izbegla navedena pojava, odnosno da bi se obezbedila automatska regulacija količine tečnosti u hidrauličnoj kočnici, na nju se najčešće ugrađuje poseban uređaj - **KOMPENZATOR** tečnosti.

Namena kompenzatora je da primi višak tečnosti ili da obezbedi dopunjavanje zečnošću. Pri zagrevanju višak tečnosti ulazi u kompenzator i sabija elastični element (opruga ili gas pod pritiskom). Pri hlađenju se tečnost, pod dejstvom pritiska elastičnog elementa, vraća u hidrauličnu kočnicu. Promena pritiska u hidrauličnoj kočnici za vreme ciklusa trzanje - vraćanje ne sme da utiče na proces kompenzacije količine tečnosti, jer bi to moglo da ugrozi funkciju kočnice pri vraćanju trzajućih delova.

Na slici 6 prikazana su tri konstrukciona rešenja kompenzatora tečnosti.



**Sl 6. Kompenzatori tečnosti**

Varijanta **a** predstavlja opružni kompenzator ugrađen u produžetku neradne zapremine A hidraulične kočnice. Višak tečnosti u kočnici prolazi kroz otvore (a) u pregradi i potiskuje slobodni klip koji sabija oprugu. Manjak tečnosti u kočnici dopunjava se strujanjem tečnosti, pod dejstvom opruge, u obrnutom smeru. Osnovni nedostatak ovakve konstrukcije je strujanje tečnosti kroz pregradu tokom ciklusa trzanje - vraćanje, odnosno popunjavanje vakuuma u cilindru kočnice. Da bi se ovo izbeglo smanjuje se površina protočnih otvora (a) ili se na pregradu ugrađuje ventil (varijanta **b** na slici 6) koji dopušta proticanje tečnosti samo u periodu između opaljenja. Za vreme kretanja trzajućih delova ventil pod dejstvom opruge zatvara protočni otvor. Na kraju vraćanja klip kočnice potiskuje stablo ventila i tako oslobađa prolaz

tečnosti. Nedostatak ovakve konstrukcije je što je opruga delimično rasterećena samo tokom opaljenja, a sve ostalo vreme je potpuno opterećena.

Na slici **6-c** prikazan je pneumatski kompenzator ugrađen u produžetku cilindra hidraulične kočnice. Zapremine A (kočnica) i B (kompenzator), u čijem gornjem delu je određena količina gasa, razdvojene su pregradom kroz koju prolazi cev, oblikovana tako da se spreči prelaz gasa iz zapremine B u zapreminu A.

## POVRATNIK

Osnovna namena povratnika je vraćanje trzajućih delova oruđa u prednji položaj nakon opaljenja, i njihovo držanje u prednjem položaju pri svim uglovima elevacije cevi, u slučaju kada je oruđe nepokretno ili kada se kreće. Za vreme trzanja povratnik učestvuje u kočenju kretanja trzajućih delova, akumulirajući deo njihove kinetičke energije u vidu potencijalne energije elastičnog elementa (opruga ili gas). Akumulirana energija omogućava vraćanje trzajućih delova u prednji položaj. Trzajući delovi se drže u prednjem položaju silom koja se ostvaruje dejstvom početnog pritiska gasa ili početnom (ugradnom) silom opruge povratnika.

Osnovne karakteristike povratnika su:

- početna sila  $\Pi_0$ , kojom elastični element povratnika deluje na trzajuće delove u prednjem položaju,
- stepen kompresije  $m = \Pi_{\lambda} / \Pi_0$ , tj. odnos najveće (na kraju trzanja) i početne vrednosti sile elastičnog elementa

Početna sila u povratniku određuje se iz uslova da se trzajući delovi drže u prednjem položaju pri najvećem uglu elevacije cevi.

Stepen kompresije elastičnog elementa u povratniku kreće se u granicama  $1.4 \div 4.4$ . Veličina stepena kompresije utiče na karakter vraćanja trzajućih delova.

- Povratnici mogu biti:
- opružni
  - hidropneumatski
  - pneumatski
  - funkcionalno vezani za hidrauličnu kočnicu

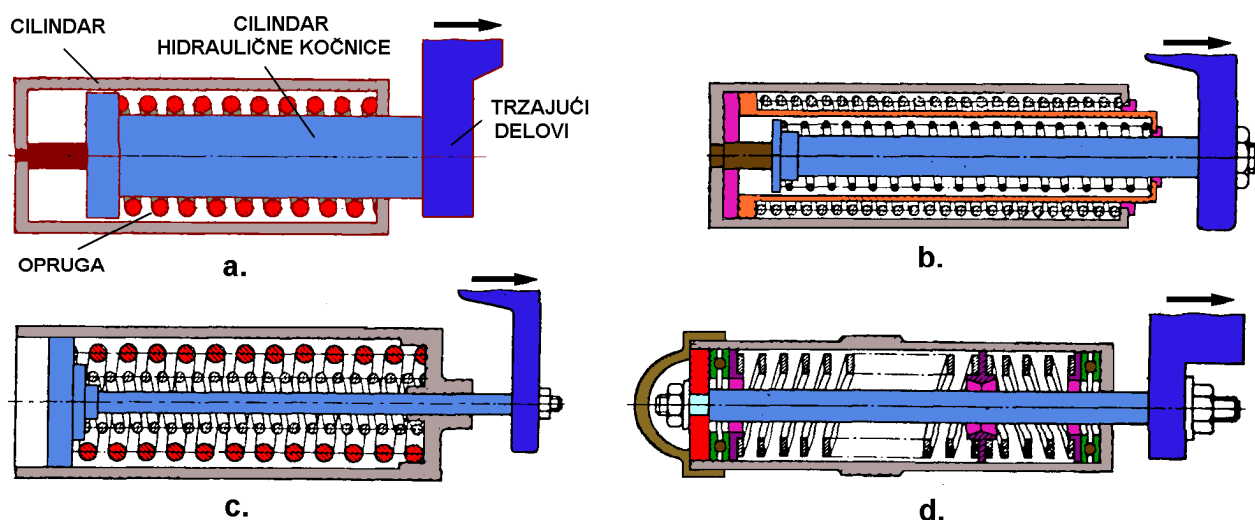
### Opružni povratnici

Na slici 7. prikazane su varijante konstrukcionih rešenja opružnih povratnika.

U varijanti **a** opruga je jednim krajem oslonjena na nepokretni cilindar, a drugim krajem na obod cilindra hidraulične kočnice, koji je vezan za trzajuće delove. U toku trzanja opruga se sabija dejstvom oboda cilindra. Preko cilindra se na trzajuće delove prenosi sila potrebna za vraćanje u prvobitni položaj. Ovakva konstrukcija je kompaktna, ali su pogoršani uslovi za hlađenje hidraulične kočnice, a pri dužem gađanju može da dođe do odgrevanja opruge.

Varijanta **b** je koncepcijski slična varijanti **a**, ali ima dve teleskopski postavljene opruge. Pri trzanju cilindar hidraulične kočnice svojim obodom sabija unutrašnju oprugu. Pod dejstvom sile u unutrašnjoj opruzi srednji cilindar se povlači u smeru trzanja i svojim obodom sabija spoljašnju oprugu. Ukupna dužina trzanja jednaka je zbiru ugiba obe opruge. Ova varijanta je

pogodna za ugradnju na haubice (oruđa sa kratkom cevi), jer omogućuje veće dužine trzanja pri malim dužinama povratnika.



**Sl 7. Opružni povratnici**

Varijanta **c** sastoji se od dve opruge teleskopski postavljene na klipnjači sa klipom, koja je vezana za trzajuće delove. Obe opruge se sabijaju istovremeno, pa je njihov ugib jednak dužini trzanja, a krutost povratnika jednaka je zbiru krutosti obe opruge. Unutrašnja opruga obično ima manji poprečni presek žice i manji korak. Parametri opruga se biraju tako da im je naprezanje pri trzanju približno isto. Ova varijanta teleskopskog povratnika primenjuje se tamo gde je potrebno ostvariti veliku silu pri malim dimenzijama povratnika.

Osnovni nedostatak teleskopskih opružnih povratnika su povećanje prečnika cilindra povratnika i nešto složenija konstrukcija.

Na slici **7-d** prikazan je povratnik sa višedelnom oprugom. Opruga se najčešće izrađuje od parnog broja opruga manje dužine sa levim i desnim namotajem. Razlozi za primenu višedelnih opruga su lakša izrada opruga manje dužine i olakšana zamena polomljenog dela paketa opruge rezervnom oprugom. Istovremenom ugradnjom levih i desnih opruga kompenzuje se upređanje krajeva opruga pri sabijanju. Svaka od ugrađenih opruga ima 10 do 20 radnih navojaka. Opruge se razdvajaju podloškama sa antifrikcionim oblogama.

Osnovne prednosti opružnih povratnika su:

- Pouzdana funkcija, zbog smanjene osetljivosti na oštećenja od dejstva projektila i parčadi streljačke i artiljerijske municije.
- Jednostavna konstrukcija i opsluživanje.
- Mogućnost dejstva bez prethodne provere povratnika.
- Promena temperature okoline nema uticaja na veličinu sile povratnika.

Osnovni nedostaci opružnih povratnika su:

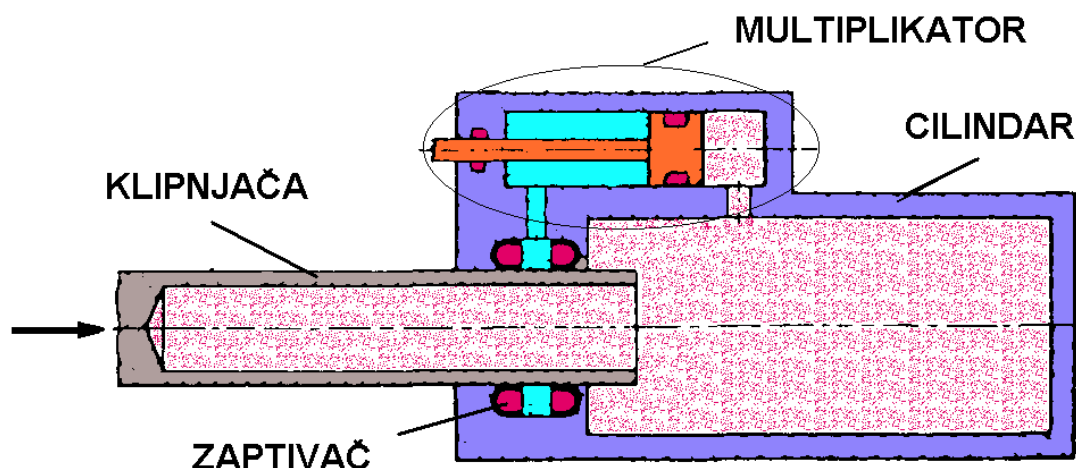
- Velika masa i gabariti kod oruđa velikog kalibra.
- Smanjivanje sile u opruzi nakon dužeg korišćenja.

Da bi se otklonili nedostaci opružnih povratnika primenjuju se povratnici kod kojih je elastični element gas - pneumatski i hidropneumatski.

## Pneumatski povratnici

Kod pneumatskih povratnika radna zapremina je potpuno ispunjena sabijenim gasom. Na slici 8 prikazana je varijanta pneumatskog povratnika sa uvlačenjem klipnjače pri trzanju.

Cilindar povratnika vezan je za nepokretnu kolevku, a klipnjača se kreće sa trzajućim delovima. Zaptivanje na mestu ulaza klipnjače u cilindar ostvaruje se ugrađenim zaptivačima na koje deluje tečnost pod pritiskom koji je veći od pritiska u povratniku. Navedeno povećanje pritiska ostvaruje se MULTIPLIKATOROM.



SI 8. Pneumatski povratnik

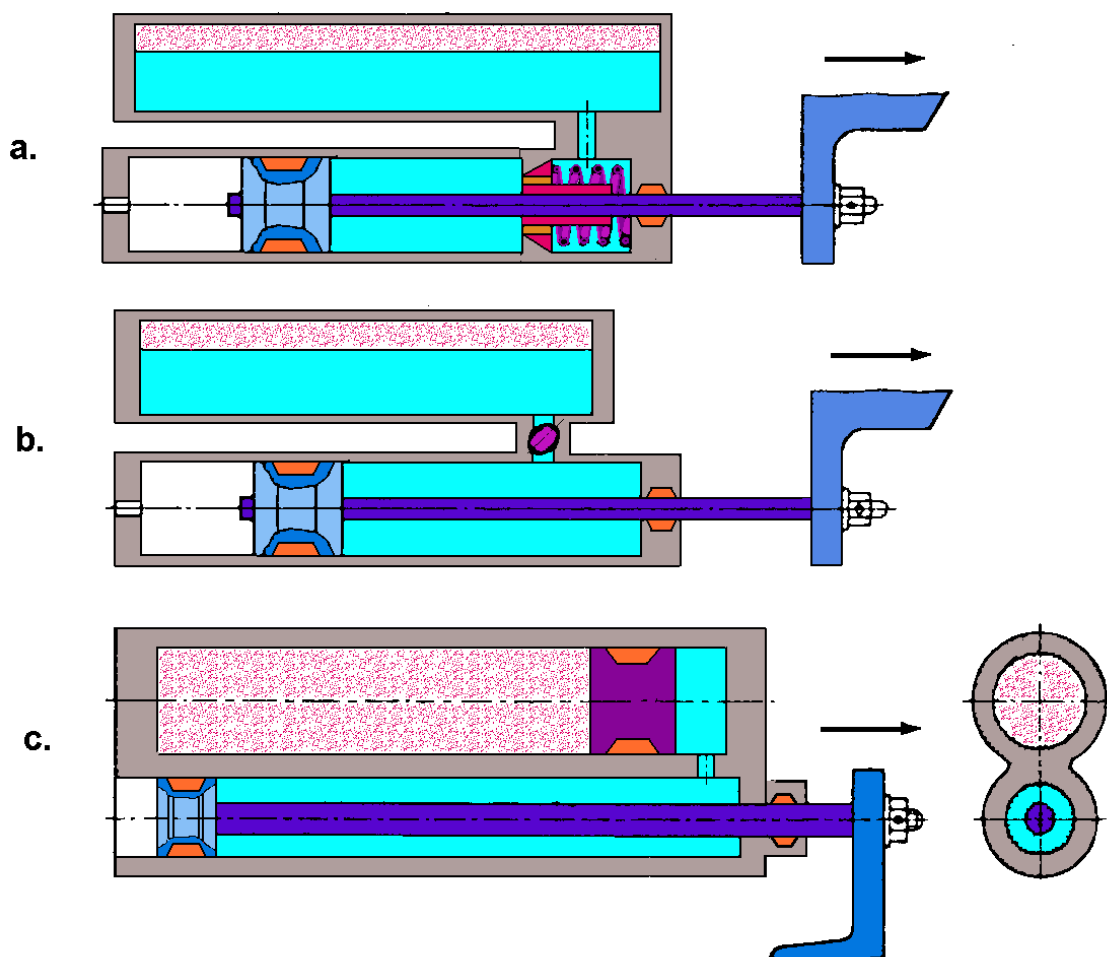
**Multiplikator** se sastoji od cilindra i klipnjače sa klipom. Zapremina multiplikatora u kojoj se nalazi klipnjača ispunjena je tečnošću i povezana cevovodom sa zapreminom zaptivača klipnjače povratnika. Zapremina sa druge strane klipa multiplikatora povezana je sa radnom zapreminom povratnika. Klipnjača sa klipom multiplikatora nalazi se u stanju ravnoteže kada se izjednače sile koje deluju na klip sa obe njegove strane. Razlika površina na koje deluju pritisci gasa i tečnosti uslovljava da pritisak tečnosti mora da bude veći od pritiska gasa. Na ovaj način se obezbeđuje hidraulično zaptivanje klipnjače povratnika.

Početni pritisak gasa u povratniku kreće se u granicama 25÷85 bar i ograničen je zahtevom da se dopunjavanje gasa može vršiti u trupnim i remontnim uslovima. Veličina radne površine klipa povratnika određuje se tako da se sa izabranim početnim pritiskom obezbedi potrebna vrednost početne sile u povratniku. Dimenzije povratnika određuju se prema potrebnoj dužini trzanja i zađremini gasa, uzimajući u obzir stepen kompresije.

## Hidropneumatski povratnici

Kod hidropneumatskih povratnika radna zapremina je ispunjena tečnošću. Tečnost prenosi silu sa trzajućih delova na gas, smešten u posebnom cilindru koji je takođe delimično ispunjen tečnošću. Pored hidrauličkog zaptivanja, tečnost obezbeđuje prenošenje pritiska sabijenog gasa na klip ili cilindar povratnika (u zavisnosti od veze povratnika i trzajućih delova). Hidropneumatski povratnici su po gabaritima veći od pneumatskih (zbog potrebe da se smesti tečnost), ali imaju pouzdanije zaptivanje. U cilju smanjenja dimenzija povratnika radni cilindar se smešta u cilindar sa gasom, tako da se spreči proticanje gasa u radnu zapreminu pri svim elevacijama cevi oruđa.

Na slici 9 prikazane su tri varijante hidropneumatskih povratnika.



**SI 9. Hidropneumatski povratnici**

Hidropneumatski povratnik sa ventilom prikazan je na slici 8-a. Pri trzanju tečnost potiskuje ventil, sabija oprugu i protiče u cilindar sa gasom. Pri vraćanju ventil zatvara ulaz u radni cilindar, pa tečnost protiče kroz otvore u telu ventila. Tako se smanjuje sila povratnika pri vraćanju i amortizuje deo viška njegove energije.

Da bi se omogućilo automatsko ili ručno podešavanje veličine sile povratnika (naprimer, u zavisnosti od elevacije, temperature ili uslova punjenja), u kanal koji spaja radni cilindar i cilindar sa gasom ugrađuje se regulator (slika 8-b). Zakretanjem regulatora povećava se ili smanjuje otvor za prolaz tečnosti i direktno utiče na veličinu sile povratnika.

U navedenim varijantama hidropneumatskih povratnika tečnost i gas su bili u neposrednom dodiru. Pri proticanju tečnosti iz radnog cilindra u cilindar sa gasom stvara se pena, odnosno emulzija, usled intenzivnog mešanja tečnosti i gasa. Pri vraćanju mehurići gasa ulaze u radni cilindar i dolaze u dodir sa zaptivačima koji nisu predviđeni za zaptivanje gasa. Tako se javlja izvestan pad početnog pritiska. Zato se pribegava fizičkom razdvajanju tečnosti i gasa ugradnjom slobodnog klipa (Slika 8-c).

Masa i dimenzije pneumatskih i hidropneumatskih povratnika manji su od mase i dimenzija opružnih povratnika odgovarajućih karakteristika. Nedostaci ovih povratnika su:

- Sila povratnika zavisi od temperature okoline: sila raste sa povećanjem temperature, a opada sa smanjivanjem temperature.
- Neophodna je stalna provera pritiska gasa i količine tečnosti.
- Povećana je osetljivost na dejstvo projektila streljačke municije i rarčadi artiljerijske municije.