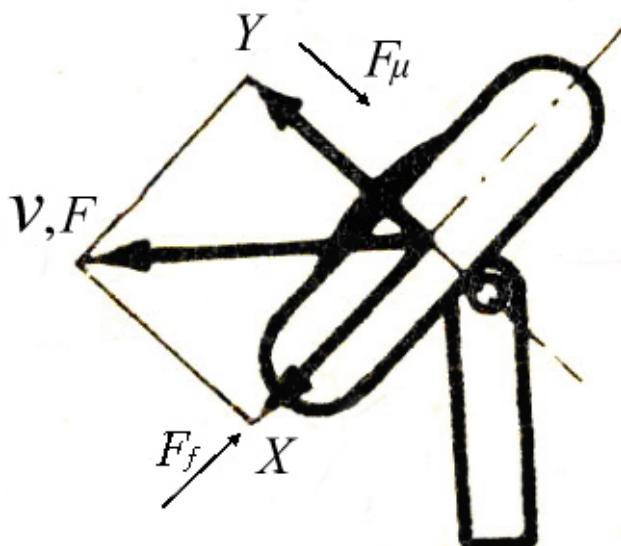


VIII. UPRAVLJANJE VOZILOM I UPRAVLJAČKI MEHANIZAM

Način zakretanja automobila pri kretanju na ravnom i tvrdom kolovozu može da se objasni analizom sila koje dejstvaju na upravljački točak, koji pri tome nije i pogonski. Prilikom zakretanja (slika VIII.1) na točak dejstvuje gurajuća sila F , koja može da se razloži u dve komponente - sila X , koja dejstvuje u ravni točka i druga, sila Y , koja dejstvuje u pravcu ose točka. Jasno je da će točak krenuti onim smerom u kome je manji otpor kretanju.

Da bi točak krenuo u smeru dejstva sile Y , potrebno je da savlada silu otpora u tom pravcu, a to je sila trenja $F_\mu = G_t \cdot \mu$



Slika VIII.1 Shema sila koje dejstvuju na točak prilikom zakretanja

Pri kretanju točka u pravcu sile X , potrebno je da savlada silu otpora kotrljanju točka, koja je jednaka $R_f = G_t \cdot f$

pri čemu su:

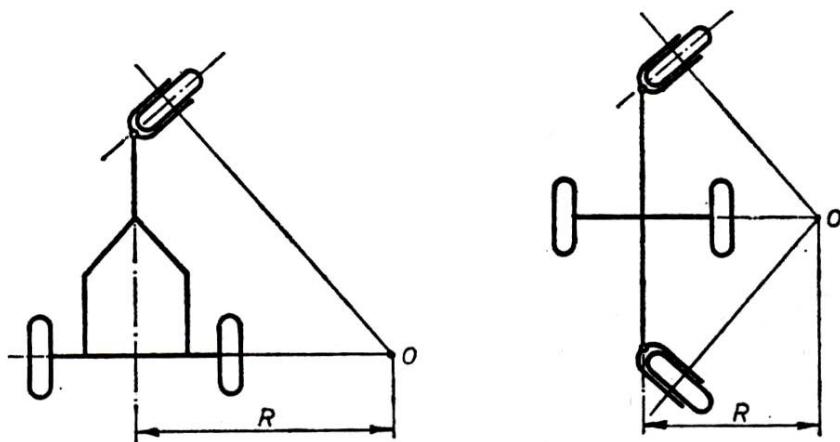
- $G_t [N]$ - deo težine automobila kaja pada na taj točak,
 $\mu [-]$ - koeficijent trenja točka po kolovozu
 $f [-]$ - koeficijent kotrljanja točka po kolovozu

Kako je na tvrdom i ravnom kolovozu koeficijent kotrljanja točka (f) za oko 40 do 50 puta manji od koeficijenta klizanja (trenja) točka (μ), odnosno $f \ll \mu$, jasno je da će se točak kotrljati vučen silom X u tom smeru. Time se objašnjava zbog čega je pri kretanju vozila po ledu ili blatu, često kretanje vozila u smeru pređašnjeg kretanja - po inerciji, a ne u željenom, koje vozač zadaje zakretanjem točka.

VIII.1 Zaokretanje automobila

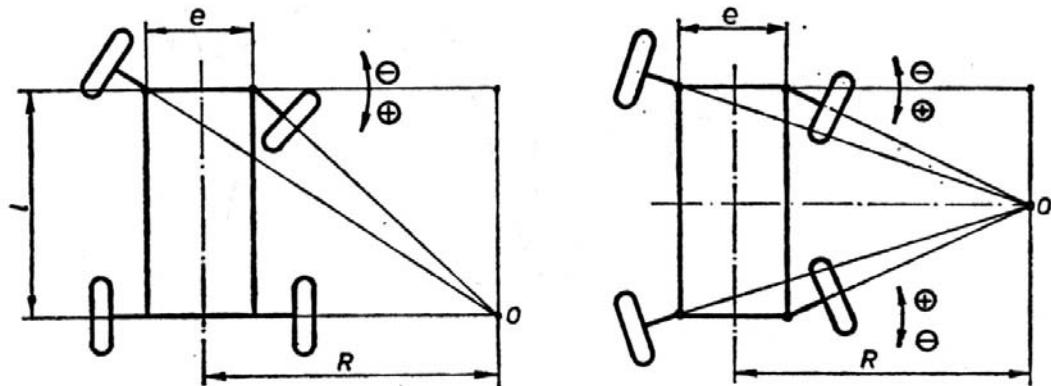
Osnovni kinematski zahtev koji se postavlja pred upravljački mehanizam drumskih vozila je ostvarenje potpunog kotrljanja točkova u krivini, bez proklizavanja ni jednog točka. Ovakav zahtev se ostvaruje samo ukoliko se centar okretanja svih točkova nalaze u jednoj tački - "centru zakretanja", odnosno ukoliko se "produžene ose" svih točkova seku u jednoj tački (tačka O na slikama VIII.2 do VIII.5).

Zavisno od vrste vozila, ovaj uslov može da se ostvari na više načina.



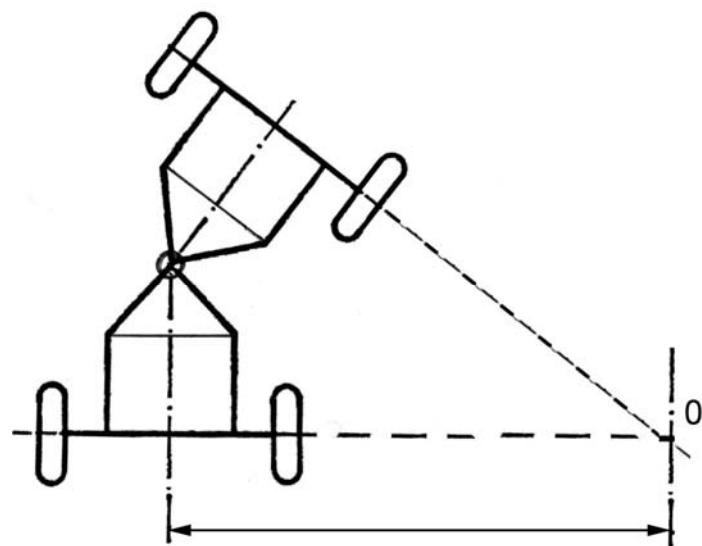
Slika. VIII.2 Načini zaokretanja tricikla i vozila unutrašnjeg transporta

Sheme zakretanja date na slici VIII.2 a, odnose se na tricikl, a na slici VIII.2 b na vozilo unutrašnjeg transporta sa malom brzinom kretanja.



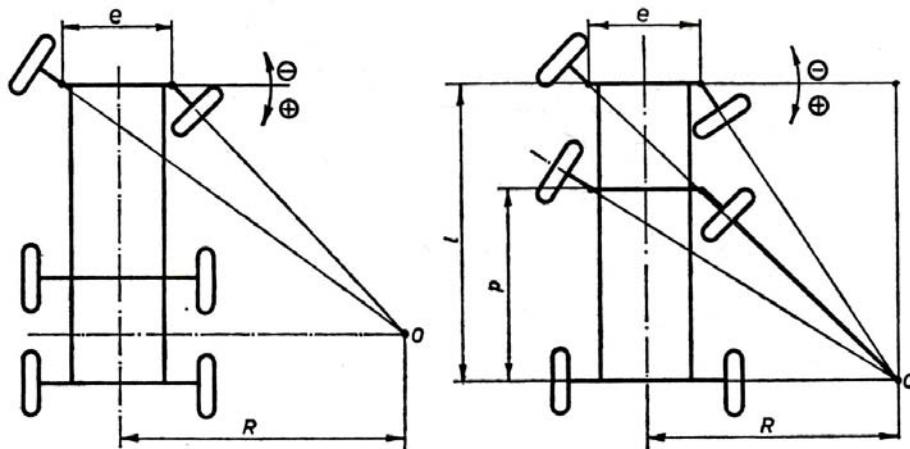
Slika. VIII.3 Načini zaokretanja drumskih vozila i vozila unutrašnjeg transporta

Sheme zakretanja date na slici VIII.3 a , odnose se na drumske dvoosovinske vozila, a na slici VIII.3 b na vozilo sa malom brzinom kretanja, namenjeno unutrašnjem transportu ili za radnu mašinu.



Slika VIII.4 Zaokretanje vozila "prelamanjem"

Zakretanje vozila "prelamanjem", kako je prikazano na slici VIII.4 najčešće se koristi kod teških vozila, koja imaju malu brzinu kretanja, kao na primer kod radnih mašina, šumskih traktora i slično.



Slika. VIII.5 Načini zaokretanja drumskih višeosovinskih vozila

Sheme zakretanja date na slici VIII.5a, odnose se na drumske troosovinske vozila sa jednom upravljačkom osovinom, dok je na slici VIII.5 b prikazan upravljački mehanizam drumskega vozila troosovinskog vozila sa dve upravljačke osovine.

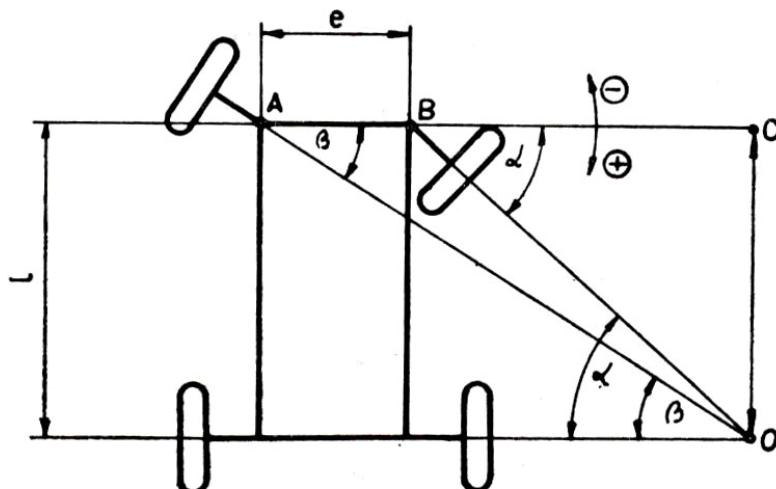
VIII.2 Trapez upravljačkog mehanizma

Da bi jedan upravljački mehanizam mogao da zadovolji zahteve zakretanja točkova sa potpunim kotrljanjem istih, neophodno je da se zadovolje odnosi (sl. VIII.6)

$$\frac{AC}{CO} = \operatorname{ctg} \beta \quad \frac{BC}{CO} = \operatorname{ctg} \alpha$$

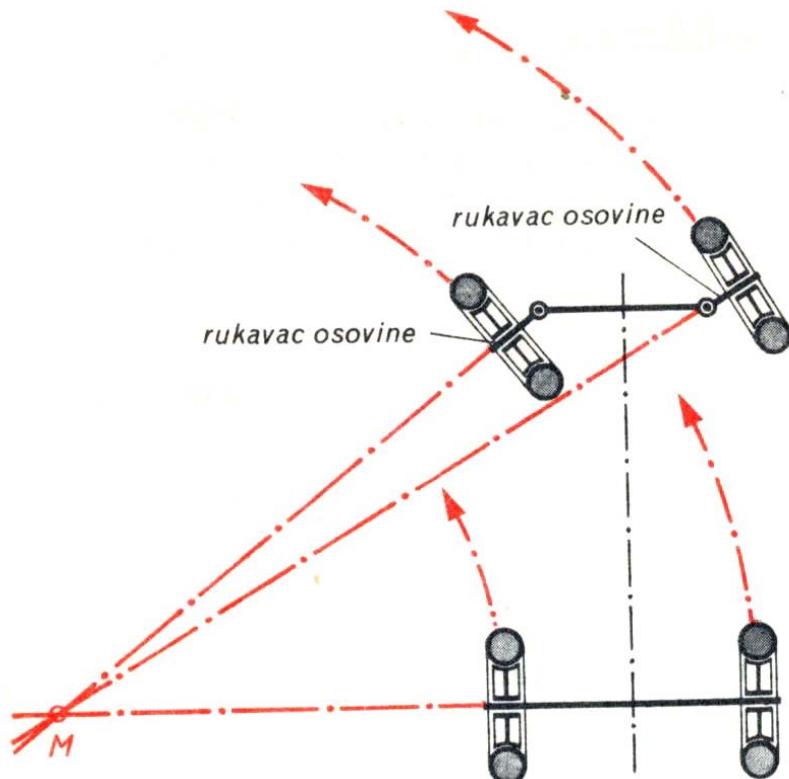
s obzirom da je $AC - BC = e$ a $CO = l$

$$\text{sledi da je } \frac{AC - BC}{CO} = \operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha = \frac{e}{l} = \text{const} \quad (15.1)$$



Slika. VIII.6. Shema zaokretanja drumskog dvoosovinskog vozila

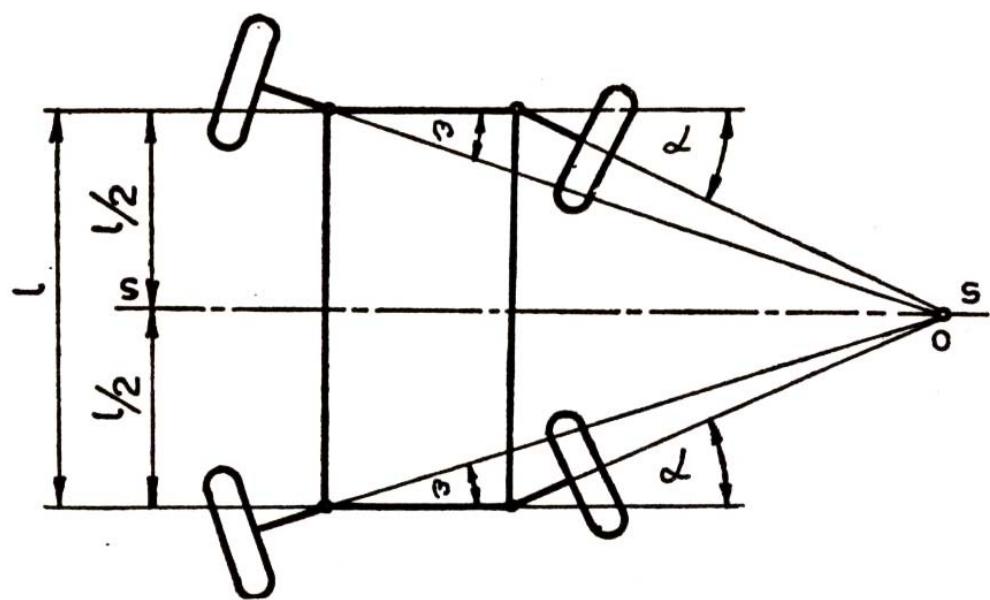
što predstavlja osnovnu zavisnost zaretanja točkova vozila sa jednom upravljujućom osovinom.



Slika VIII.7. Upravljanje prednjim točkovima

Za slučaj vozila sa upravljujuća sva četiri točka (upravljujuća prednja i zadnja osovina), prikazanog na slici VIII.8, sličnom analizom dolazi se do zavisnosti

$$\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha = \frac{2 \cdot e}{l} = \text{const} \quad (15.1a)$$

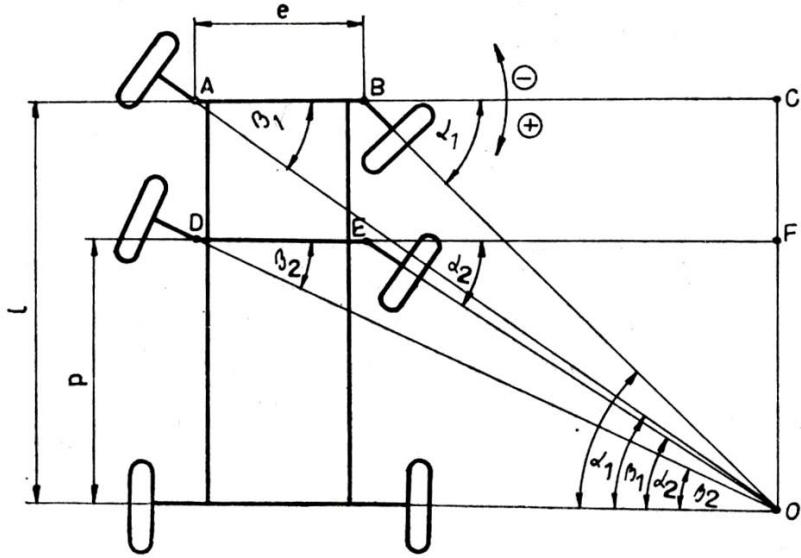


Slika VIII.8 Shema zakretanja kod upravljanja svim točkovima

Za drumske vozila sa dve upravljujuće prednje osovine (sl. VIII.9) međusobna zavisnost uglova zakretanja točkova po osovinama se nalazi i iz jednakosti

$$\begin{aligned} \operatorname{ctg} \beta_1 - \operatorname{ctg} \alpha_1 &= \frac{e}{l} \\ \operatorname{ctg} \beta_2 - \operatorname{ctg} \alpha_2 &= \frac{e}{p} \end{aligned} \quad (15.2)$$

gde su članovi "p" i "l" odstojanja upravljujućih osovin od krute zadnje osovine, a član "e" predstavlja međusobno odstojanje osa osovinica rukavca na obema upravljujućim osovinama.



Slika VIII.9. Zaokretanje troosovinskog vozila sa dve prednje upravljujuće osovine

Korelacija parametara među upravljujućim osovinama ima se iz izraza

$$\begin{aligned} p \cdot \operatorname{ctg} \alpha_2 &= l \cdot \operatorname{ctg} \alpha_1 \\ p \cdot \operatorname{ctg} \beta_2 &= l \cdot \operatorname{ctg} \beta_1 \end{aligned} \quad (15.3)$$

Iz druge jednačine sistema jednačina 15.2 sledi

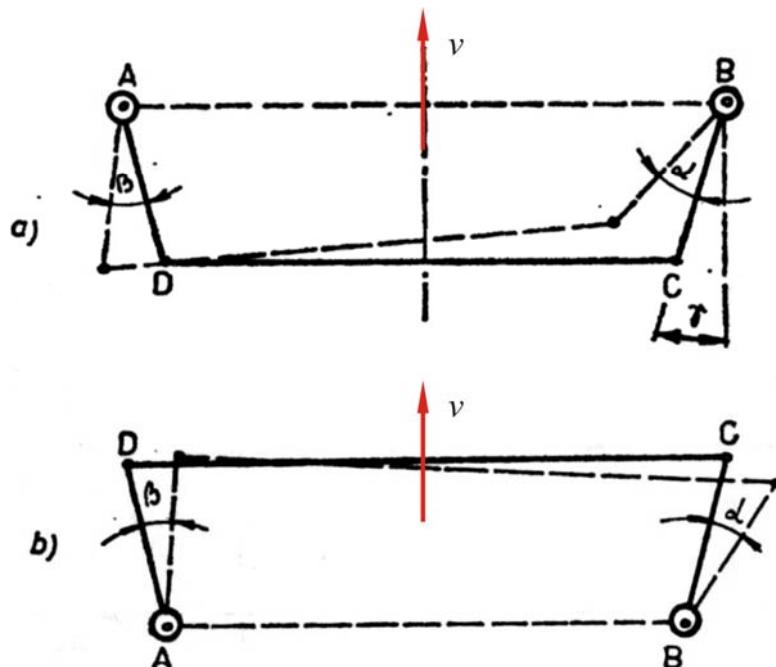
$$\operatorname{ctg} \beta_2 - \operatorname{ctg} \alpha_2 = \frac{e}{p} \rightarrow p \cdot \operatorname{ctg} \beta_2 - p \cdot \operatorname{ctg} \alpha_2 = e$$

te zamenom člana $p \cdot \operatorname{ctg} \alpha_2 = l \cdot \operatorname{ctg} \alpha_1$ iz prve jednačine sistema (15.3) u prethodnu jednačinu, sledi međusobna zavisnost između uglova α_1 i β_2

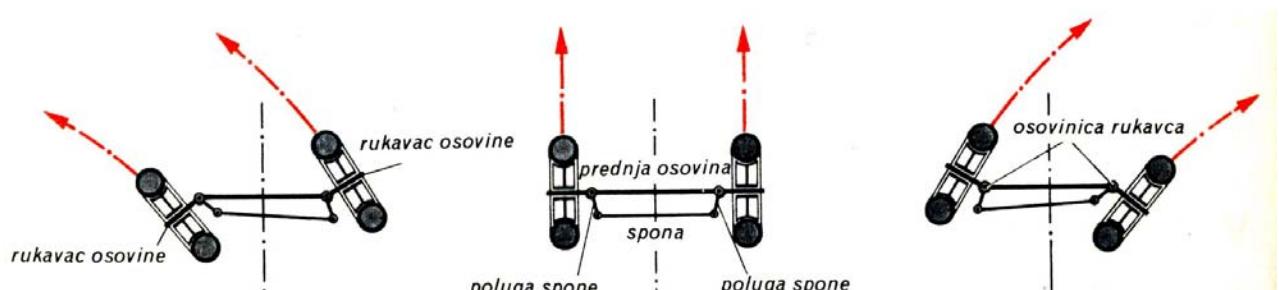
$$\frac{p}{l} \cdot \operatorname{ctg} \beta_2 - \operatorname{ctg} \alpha_1 = \frac{e}{l} = \text{const} \quad (15.4)$$

Teška teretska vozila sa četiri osovine od kojih su dve prednje upravljujuće, centar zaokretanja se nalazi u preseku zamišljenih produžetaka rukavaca prednjih upravljujućih točkova i sredine rastojanja između zadnjih osovin. Način izračunavanja zavisnosti zakretanja je identičan kao kod prikazanog primera troosovinskog vozila.

Ovakve zavisnosti, sa potpunom tačnošću, mogu da ostvare kinematski mehanizmi sa najmanje 16 zglobova, što bi sa konstrukcijskog aspekta izazvalo bespotrebne teškoće. Naime i članovi sa svega 4 zgloba daju rezultate sa zadovoljavajućom tačnošću, te se oni i najčešće koriste, kako je prikazano na slici VIII.10 a i b. Ovakav upravljujući mehanizam zove se "trapez upravljanja" i izvodi se sa sponom ispred (slika VIII.10 a) ili iza osovine (slika VIII.10 b)

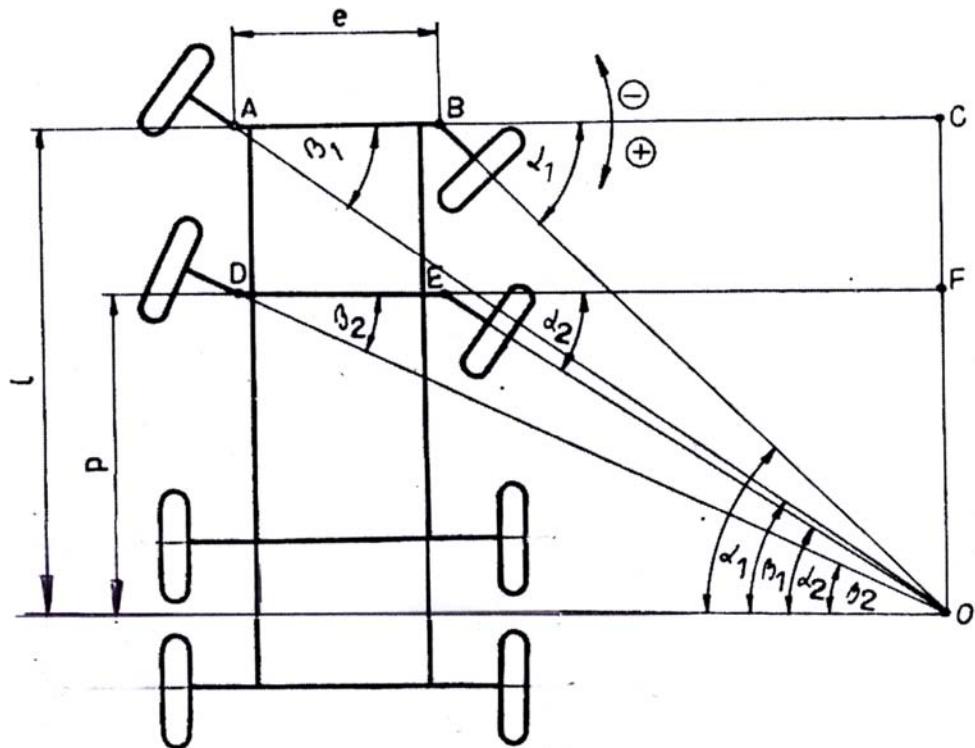


*Slika VIII.10. Trapez upravljača
a) spona ispred osovine b) spona iza osovine*



Slika VIII.11 Položaj elemenata trapeza upravljača u krivini i na pravcu

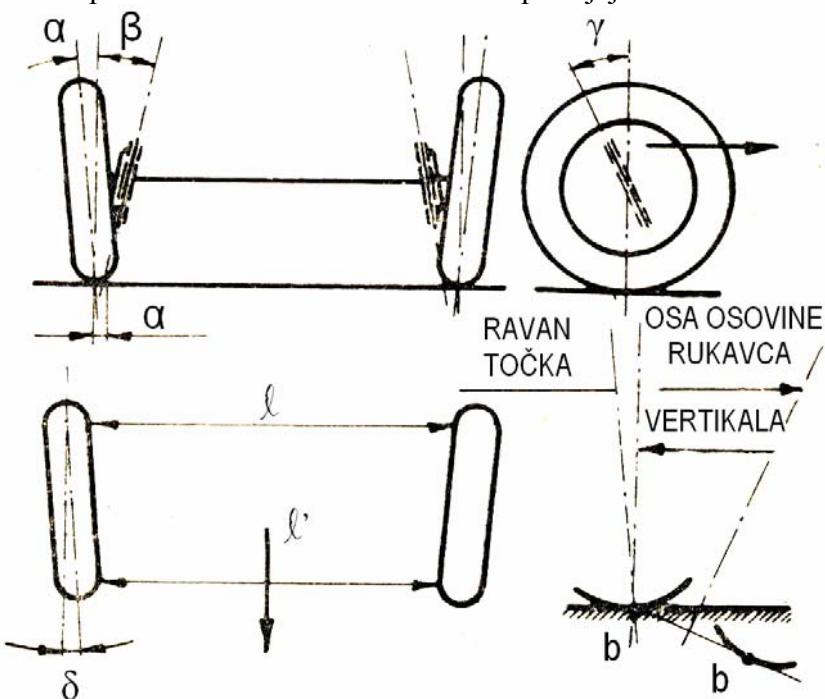
Kod vozila sa više zadnjih osovina, kako bi se sprečilo klizanje točkova i bespotrebno habanje pneumatika zadnjih osovina pri vožnji u krivini ili zaokretanju vozila zbog "izmeštenosti" centra zaokretanja, zadnji točkovi se postavljaju na što je moguće manjem osovinskom odstojanju. Kod pojedinih vrsta vozila, na primer troosovinskog autobusa, poslednja osovinica se postavlja kao "prateća", to jest slobodna za zaokretanje oko svoje vertikalne ose. Ovakvi točkovi se zakreću slobodno, shodno uslovima puta i poluprečniku zaokretanja vozila. U slučajevima kada je takvo kretanje nepotrebno ili opasano, na primer pri vožni unazad, zakretanje oko vertikalne ose točkova može da se blokira posebnim uređajem.



Slika VIII.12 Zaokretanje točkova četvoroosovinskog vozila sa dve prednje upravljajuće osovine

VIII.3 Elementi stabilnosti upravljajućih točkova

Pored osnovne funkcije - zakretanje vozila, upravljajući točkovi moraju da poseduju sposobnost da se pri kretanju vozila održavaju u neutralnom položaju, odnosno da zakrenuti točkovi (namerno ili slučajno) imaju težnju vraćanja u neutralni položaj. Ovakva sposobnost naziva se stabilnošću upravljajućih točkova.



Slika VIII.13. Uglovi stabilizacije prednjih upravljajućih točkova

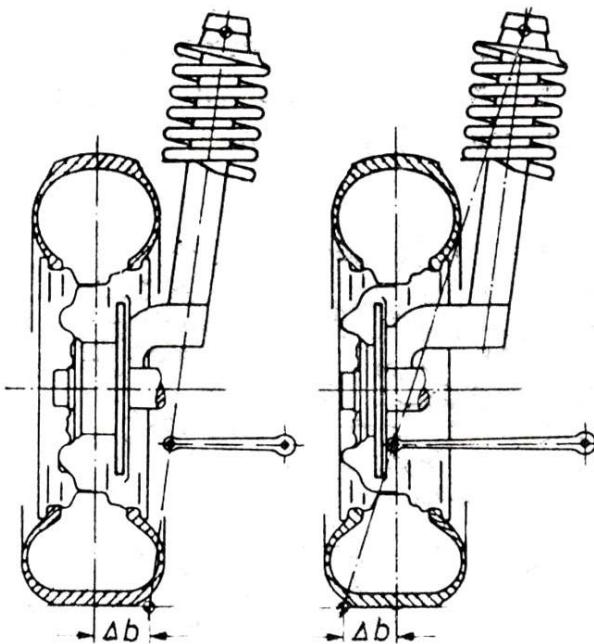
Naime, da ne postoji ovakva sposobnost točkova da održava neutralan položaj, zbog postojanja zazora u sistemu, točkovi bi težili da zauzmu neki proizvoljan pravac, shodno uslovima puta. Ovakav način bi zahtevao od vozača stalnu korekciju putanje kretanja, što ni u kom slučaju nebi doprinisalo konforu vožnje i stvaralo bi veliku psihičku napetost vozača. Isto tako, po izlasku iz krivine, vozač nebi mogao da odmah vrati točkove u neutralan položaj zbog nedostatka orijentacije u tom trenutku. Sistem stabilizacije točkova upravo omogućava takođe da se točkovi, po automatizmu, vrate u neutralan položaj.

Da bi upravljujući točkovi imali ovu funkciju stabilizacije, točkovi i osovinica rukavca se postavljaju, pod posebno definisanim uglovima oko osovine oko koje se zakreću. Naime, stabilizacija točkova se obezbeđuje postavljanjem osovine rukavaca pod izvesnim uglovima u odnosu na vertikalnu osu. Ovi uglovi su, shodno slici VIII.13, u poprečnoj ravni ugao "β" i podužnoj ravni (ugao "γ").

Poprečni nagib osovine "β", u stručnoj literaturi još se naziva **ugao podupiranja točka** (kao bukvalni prevod nemačke reči "spreizung"), ima dvostuku funkciju:

1) da bi se obezbedilo da prodor osovine kroz podlogu ne pada suviše daleko od "centra otiska" točka (kao kada bi osovina bila postavljena vertikalno), već nešto van njega, obezbeđujući na taj način izvesno odstojanje "a", tako zvani "poluprečnik skretanja točka", koje je neophodan kako bi elementi upravljačkog sistema (zglobovi i spone) stalno bili pod naponom, u stanju istezanja spona, anulirajući na taj način uticaj zazora koji mora da postoji u sistemu. Isto tako, ovo odstojanje nesme da bude ni previše veliko, kako nebi izavalio bespotrebno habanje pneumatika zbog klizanja pri zaokretanju.

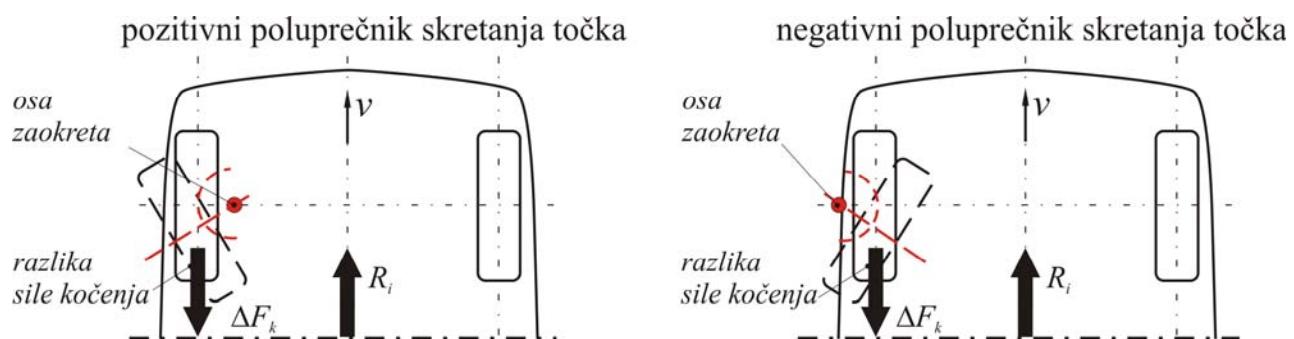
Za vreme kotrljanja, upravljujući točkovi su opterećeni silama otpora kotrljanju, koje dejstvujući na rastojanje "a" (slika VIII.13), stvaraju momente na točkovima (proizvod sile otpora kotrljanja i poluprečnika kotrljanja), koji teže da obrnu točkove oko osovine rukavca. Njihov uticaj se na upravljača ne oseća, s obzirom da su momenti na levom i desnom točku jednaki, ali suprotnih smerova. Kako momenti nebi bili previše veliki, rastojanje "a" treba da bude minimalno, usled čega se navedeni ugao "β" konstruktivno obezbeđuje. Njegova veličina, kod upotrebe dijagonalnih pneumatika, ne prelazi vrednost od 5^0 .



Slika VIII.14. Položaj osovine točka kod pozitivnog inegativnog poluprečnika skretanja

2) Druga funkcija ugla poprečnog nagiba osovinice “ β ” je održavanje neutralnog položaja točka. Prilikom zaokretanja točka iz neutralnog položaja oko osovinice koja je pod poprečnim nagibom, podiže se točak vozila koji se nalazi na unutrašnjoj strani krivine, dok se točak na spoljnoj strani krivine malo spušta (kao da točak ponire u podlogu), što je uzrokovano pomeranjem tačke kontakta točka sa putom u ravni "b-b", upravno na osu osovinice rukavca (slika VIII.13). Ovakavo neravnomerno podizanje vozila je izazvano krutošću podloge, koja da je meka, omogućila bi da točak na spoljnoj strani krivine "udubi" podlogu. Na taj način i težište vozila se izdiže, stvarajući labilan položaj, usled čega ima stalnu tendenciju vraćanja u “niži” – stabilan položaj.

Zavisno do toga da li osovinica ima prodor unutar točkova ili u spoljnu sredinu, razlikuje se "pozitivan" i "negativan" poluprečnik skretanja (slika VIII.14). Negativan poluprečnik (prodor osovinice u spoljašnju sredinu) ima više prednosti (pruža kompaktniju celinu sistema, prednosti prilikom kočenja sa nejednakim silama kočenja prednjih točkova), ali ga je teže ostvariti s obzirom da zahteva veliki nagib osovinice i veću dubinu naplatka točka.



Slika VIII.15. Prednost negativnog položaja osovinice točka prilikom kočenja

Ispitivanja su pokazala da prilikom kočenja, u slučaju da postoji razlika u silama kočenja prednjih točkova, što u principu nije dozvoljeno, negativan poluprečnik skretanja osovinice omogućava bolje zadržavanje pravca kretanja i upravljivost. Kako se iz slike xxx vidi, prilikom postojanja razlike u sili kočenja levog i desnog točka, kod pozitivnog položaja osovinice (pozitivan poluprečnik skretanja) sila inercije i razlika u sili kočenja (ΔF) stvaraju moment, koji još više zanosi vozilo u stranu na kojoj je veća sila kočenja.

Nasuprot ovome, kod negativnog poluprečnika skretanja, momenti sile inercije i razlike sile kočenja se smanjuju ili poništavaju zbog suprotnosmernosti, te vozilo zadržava pređašnji pravac kretanja.

Kako se već iz slika VIII.13 i VIII.16 vidi ni upravljački točkovi u odnosu na vertikalnu osu nisu postavljeni vertikalno, već su pod nekim uglom α . Ovaj ugao se naziva “**bočni nagib točka**” ili “**zakošenje točka**”.

Osnovni zadatak bočnog nagiba točka, pored uticaja na smanjenje poluprečnik skretanja “ a ”, je anuliranje uticaja bočnih zazora u ležajevima točka, koji već iz konstruktivnih razloga mora da postoje.

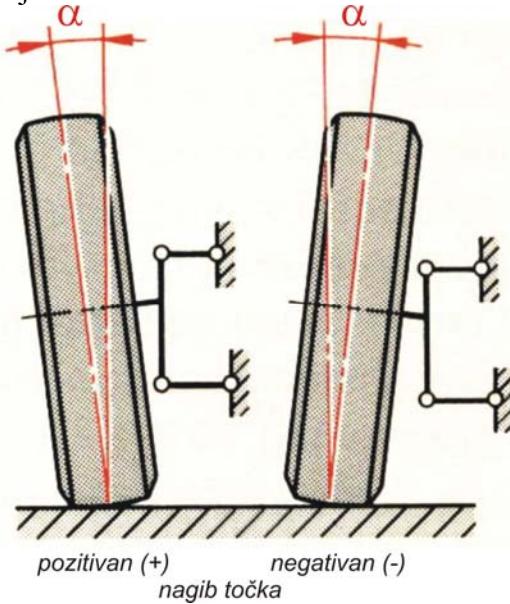
U praksi se koriste takozvani pozitivno i negativno zakošenje.

Pozitivnim zakošenjem se naziva kada je točak pod nagibom prema spolja (kao na slici). i najčešće upravljujući točkovi vozila imaju pozitivno zakošenje, koje iznosi najčešće $+0^{\circ}20'$ do $+1^{\circ}30'$. Odstupanje od preporučenih vrednosti $\pm 30'$ smatra se granicom tolerancije. Pozitivno zakošenje daje u praksi dobro vođenje točkova i mali

poluprečnik zaokretanja; ukoliko je veće zakošenje to su manje bočne sile kod vožnji u krivini.

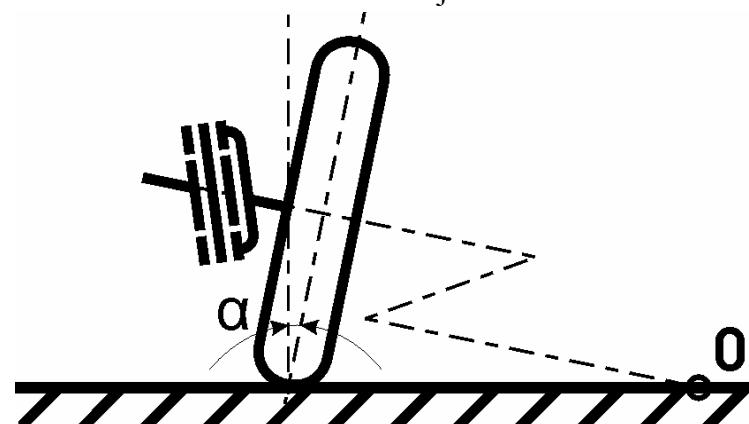
Negativno zakošenje je najčešće prisutno kod zadnjih točkova, kao i kod upravljačkih točkova vozila za velike brzine. Granice zakošenja su $-0^{\circ}30'$ do -2° . Prednost negativnog zakošenja je u tome što poboljšava prolaz vozila u krivinama.

U konstrukcijama vešanja točka, gde je konstruktivno predviđeno podešavanje ovog ugla, obično se biraju manje vrednosti.



Slika 16. Bočni nagib točka

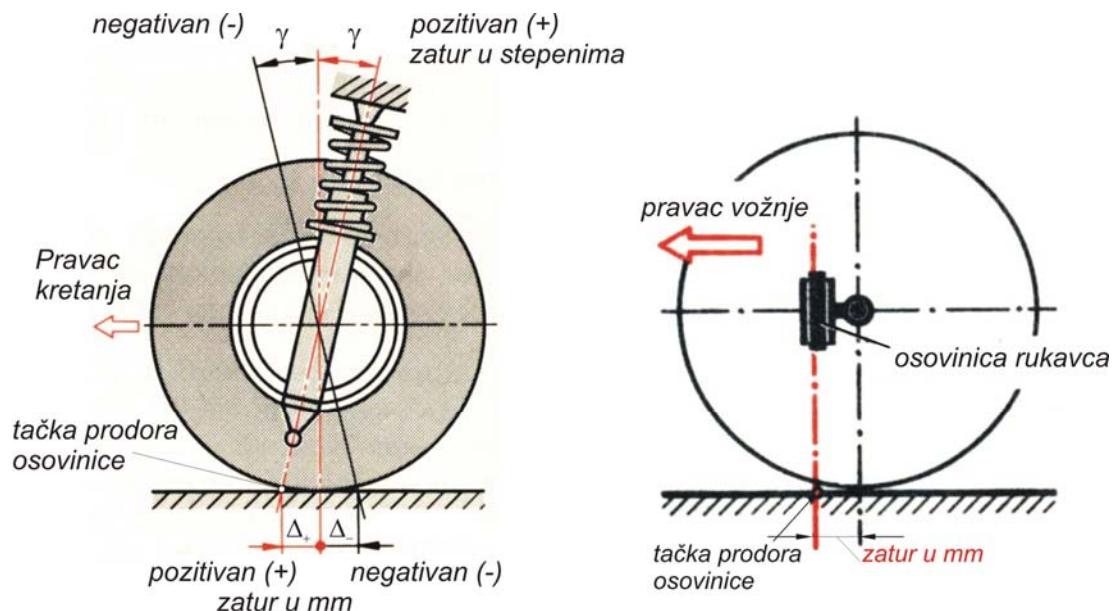
Sa druge strane, postojanje uglova bočnog nagiba točkova " α ", izaziva da točkovi imaju težnju kretanja po lukovima, koji se razilaze od vozila (slika VIII.17). Da bi se odstranio ovaj nedostatak, praktikuje se "uvlačenje" prednjih krajeva upravljačkih točkova, takozvana "**usmerenost točkova**", tako da oni nisu postavljeni paralelno sa podužnom osom vozila, već pod takozvanim uglom konvergencije " δ " prema njoj. Drugim rečima, međusobno odstojanje točkova ispred rukavca l' (glezano u pravcu vožnje) je manje za 1 do 10 mm od odstojanja iza rukavca l (slika VIII.13). Veličina uvlačenja točkova zavisi od vrste i konstrukcije vozila.



Slika VIII.17 Shema kotrljanja točka nagnutog prema ravni puta

Kako je već ranije navedeno, osovinica rukavca točka u podužnoj ravni točka savremenih vozila takođe ne стоји вертикално, već pod nekim uglom " γ ", koji se naziva "**ugao zatura osovinice**". Na taj način, "produžena osa osovinice" ima tačku prodora

kroz tlo nešto ispred-iza točka. Ovim izmeštanjem tačke "prodora" ispred-iza točka stvara se krak, koji sa bočnim silama, koje se javljaju pri vožnji u krivini ili pri bilo kakvom zaokretanju točka na pravolinijskoj putanji, obrazuju moment koji teži da povrati točkove u neutralan položaj i uz to sprečava pojavu klaćenja točkova oko osovinice rukavca, poznatijeg pod pojmom "lepršanje" točkova, kao posledica postojanja zazora u osovinicama. Fizikalnost ovog efekta se postiže time što usled dejstva bočnih sila točkovi su prinuđeni da slede svoj trag.



Slika VIII.18 Shema zatura osovinice točka

a) Zatur usled zakošenja osovinice b) zatur usled izmeštenosti osovinice iz centra

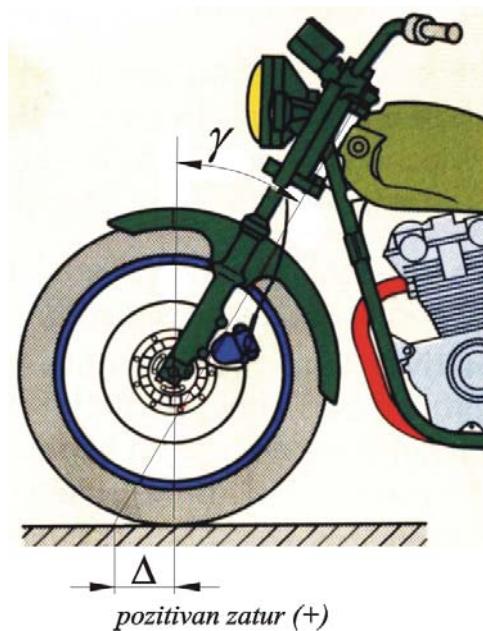
U praksi, kod putničkih i tertenih vozila se koriste takozvani pozitivni i negativni zatur osovinice (slika VIII.18a).

Pozitivnim zaturom se naziva kada tačka zamišljenog prodora osovinice kroz podlogu pada **ispred** vertikalne ose točka.

Za **negativni zatur** je usvojeno da tačka zamišljenog prodora osovinice kroz podlogu pada **iza** vertikalne ose točka.

U principu, kod obe vrste zatura postiže se isti efekt, međutim za putnička vozila sa motorom pozadi, kod kojih je prednja osovina manje oprterećena od zadnje, bolji efekt stabilizacije postiže se kada imaju pozitivan zatur nego vozila sa napred postavljenim motorom.

Dakle, zatur točka takođe pripada takođe uglovima stabilizacije, s obzirom da poduzno zakošenje osovinice izaziva slične povratne sile kao i ugao bočnog nagiba osovinice točka.



Slika VIII.19 Shema zatura osovinice točka kod motocikla

Ova dva ugla (" β " i " γ ") dejstvuju istovremeno, sa tendencijom da točkove vrate u neutalan položaj, odnosno na pravolinjsku putanju. S obzirom da kod izmeštenosti osovinice iz centra ispred vertikalne ose točka (slika VIII.18b), kao faktor stabilizacije dejstvuju samo sile nastale usled poprečnog nagiba osovinice osovinice (ugao podupiranja " β "), ovakva konstrukcija se kod savremenih putničkih vozila više ne primenjuje, ali se nalazi kod teških vozila sa relativno malom brzinom kretanja.

Vrednost ugla zatura osovinice se kreće u granicama $0^0 - 4^0$, već zavisno od konstrukcije vozila i pneumatika. Manje vrednosti ugla usvajaju se kod točkova sa dijagonalnim pneumaticima.

Zatur osovinice može da bude dat i u milimetrima, pri čemu se tada uzima odstojanje zamišljenog prodora osovinice kroz tlo od vertikalne ose točka.

Kako se iz navedenog zaključuje, konstrukcija pneumatika je takođe od bitnog značaja na faktor stabilizacije točkova i stoga nije dozvoljena zamena pneumatika drugom konstrukcijom (radijalne dijagonalnom ili obrnuto), od one koju je propisao proizvođač.

Da bi se isti efekt postigao i kod motocikla, takođe se primenjuje zatur osovinice točka, na taj način što se osovinica, oko koje se točak sa viljuškom točka zakreće, postavlja iza ose viljuške točka (slika VIII.19). Samim tim, kod motocikala, zatur osovinice točka je uvek pozitivan.

Uglove stabilizacije točka bliže opisuje standard SRPS M.N0.012, tačkama 5.24 do 5.3

VIII.3.1 Uticaj elastičnosti pneumatika na stabilnost vozila

Kako je već ranije rečeno, savremena vozila, uključujući autobuse i kamione u principu imaju točkove sa radijalnim pneumaticima, koji su veoma elastični i imaju dobru sposobnost održavanja pravca vožnje.

Pri niskim pritiscima vazduha u pneumaticima i povećanom opterećenju upravljujućih točkova, ovi pneumatici, zbog svoje elastičnosti, imaju naglašeno povećani otpor ka skretanju sa pravca, što pozitivno utiče na stabilnost vozila, ali istovremeno zahteva veću energiju vozača prilikom željenog zaokretanja automobila. Takav efekt elastičnosti točkova utiče na smanjenje potrebnog zatura osovinice, tako

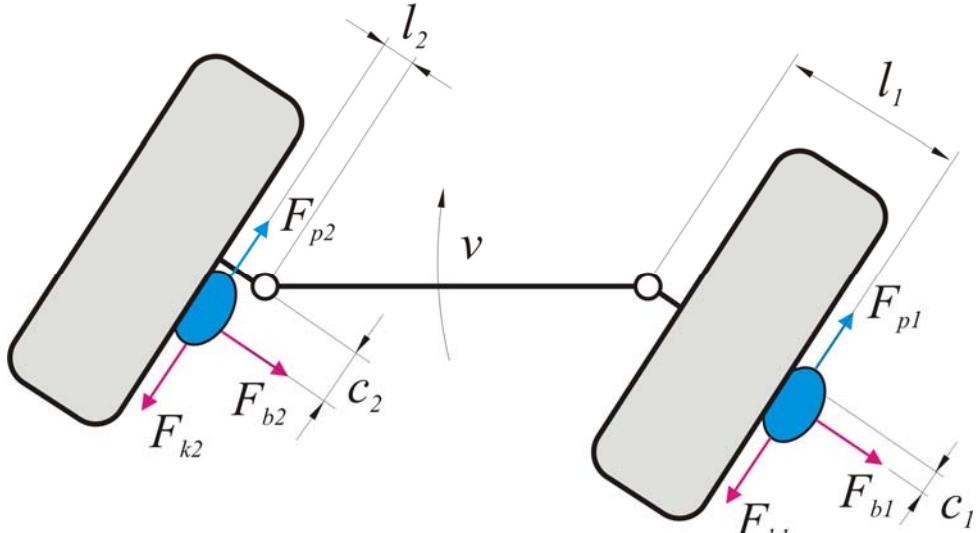
da upravo iz tih razloga, savremena vozila imaju relativno mali ugao zatura a na pojedinim konstrukcijama je skoro i izostavljen. Ovakva konstrukcija rezultuju time da je stabilizacioni moment, kao posledica zatura osovinice smanjen ili lak izostavljen ali se isti nadoknađuje elastičnošću pneumatika. Radi smanjenja napora vozača pri dugim vožnjama, jedan od razloga postavljanja servo upravljačkog mehanizma je upravo i elastičnost točkova.

VIII.3.2 Uticaj procesa kočenja na stabilnost vozila

U praksi je primećeno da se kočenjem upravljujućih točkova sposobnost vozila da zadrži pravac kretanja znatno menja, odnosno upravljivost vozila se bitno pogoršava. Ovo dolazi stoga što se uticaj ostalih elemenata stabilnosti, opisanih u tački VIII.3 bitno smanjuje, drugim rečima moment stabilizacije upravljujućih točkova u procesu kočenja se bitno smanjuje. Na slici VIII.20 prikazana je uprošćena šema sila i položaja točkova u procesu kočenja u krivini.

Prolaskom vozila kroz krivinu, na isto počinje da dejstvije centrifugalna sila, koja utiče da se pneumatici točkova elastično deformišu, ostavljavajući "otisak" izvan podužne ravni točka. U površinama dodira sa kolovozom, dejstvovaće sile bočne sile F_{b1} (na desnom točku) i F_{b2} (na levom točku). Ove sile u odnosu na osovinicu rukavca obrazuju moment T_{st} , koji se ima kao

$$T_{st} = F_{b1} \cdot c_1 + F_{b2} \cdot c_2 - F_{k1} \cdot l_1 + F_{k2} \cdot l_2$$



Slika VIII.20 Šema sila koje dejstvuju na upravljujuće točkove

Krakovi c_1 i c_2 uvek obezbeđuju dobijanje pozitivnog momenta stabilizacije, s obzirom da moment koga stvaraju bočne sile sa ovim krakovima, uvek teži da vrati točkove na pravac. Kočenjem vozila u krivini, pored navedenih bočnih sile, javljaju se i sile kočenja na upravljujućim točkovima F_{k1} i F_{k2} , koje takođe stvaraju momente, od kojih je moment od sile F_{k2} pozitivan (potpomaže vraćanje točkova na pravac), dok je moment sile F_{k1} negativan, stoga što još više utiče na zaokretanje točkova. Pri nekim odnosima uglova stabilizacije točkova (ugao zatura osovinice), ugla skretanja i sila kočenja, negativni moment može da bude jednak ili čak veći od pozitivnog, te je tendencija takvog momenta da skrene točkove u stranu zaokretanja. Drugim rečima, moment postaje takav da pogoršava stabilizaciju točkova, te je potrebno upravljačem korigovati putanju (žargonskim rečnikom rečeno - potrebno je „oduzeti upravljač“).

Nasuprot prethodno razmatranom slučaju, kod upravljajućih točkova koji su pogonski (prednja vuča vozila), moment stabilizacije se retko pogoršava, s obzirom da sile vuče F_{p1} i F_{p2} obrazuju momente, čija je suma takva, da uvek vraća točkove na pravac, to jest povećava stabilizaciju točkova. Ovo sledi stoga što je moment vučne sile na „unutrašnjoj strani krivine“ (na gornjoj slici moment $F_{p1} \times l_1$) uvek veći od momenta sile na spoljnoj strani krivine (momenta $F_{p2} \times l_2$). Drugim rečima, kod vozila sa prednjom vučom, moment stabilizacije je uvek pozitivan i moment pogonskih sila uvek vraća točkove na pravac (u žargonu - potrebno je „dodati upravljač“).

VIII.4 Elementi upravljačkog mehanizma

Pod upravljačkim mehanizmom jednog vozila podrazumevaju se svi elementi mehanizma koji učestvuju u ostvarivanju željene putanje kretanja vozila. Ovaj sklop vozila spada u vrlo osetljive sklopove vozila s obzirom da od njegove preciznosti i pouzdanosti zavisi i sigurnost celog vozila, kako sa aspekta kretanja pa time i bezbednosti u saobraćaju.

Upravljački mehanizam vozila uopšte, deli se, u principu, na mehanizme upravljanja vozila sa točkovima i mehanizme čije se upravljanje vrši gusenicama. Ove dve vrste mehanizama su konceptualno sasvim različite, samim tim što je i koncepcija upravljanja različita.

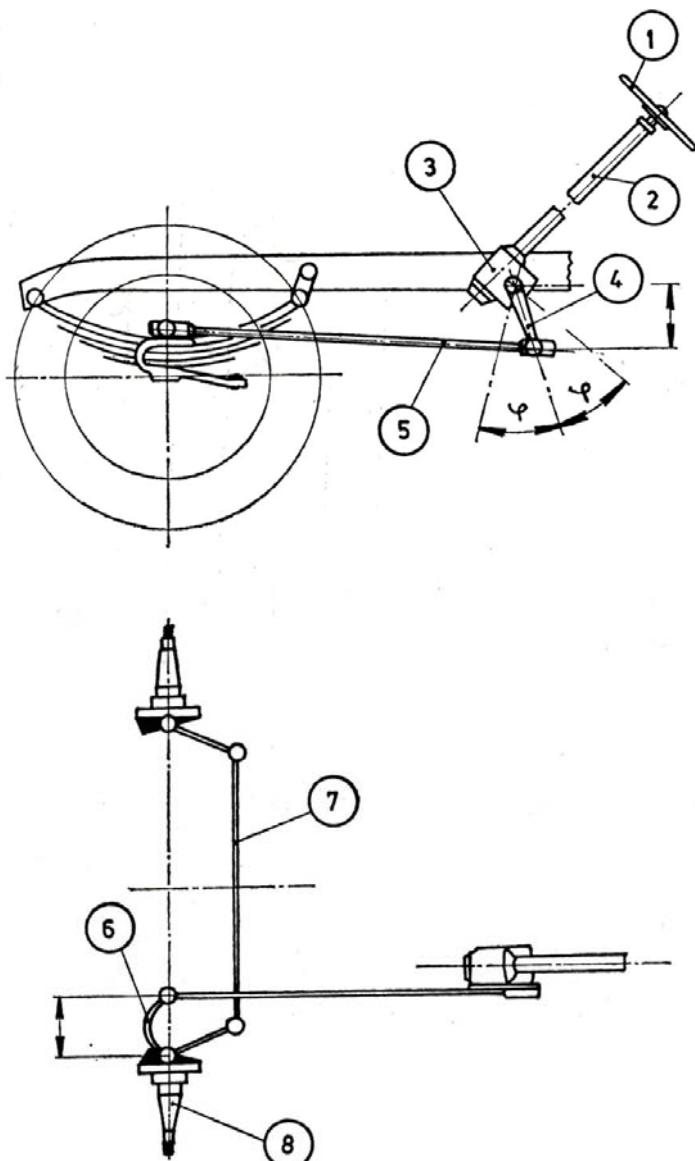
Kod vozila točkaša, željena putanja kretanja obezbeđuje se zakretanjem upravljačkih točkova, dok se kod guseničkih vozila zakretanje vrši promenom brzina, potpunim zaustavljanjem jedne od gusenica ili čak i smera kretanja gusenica na levoj i desnoj strani vozila.

S obzirom da je težište ovog udžbenika dato samo na drumska vozila, dalja pažnja će biti zadržana samo na upravljačkom mehanizmu ovih vozila.

Osnovni elementi konstrukcije jednog upravljačkog mehanizma drumskog vozila dati su na slici VIII.21.

Princip rada svih prenosnika drumskih vozila je isti - obrtno kretanje upravljačkog točka u upravljačkom prenosniku (ili češći izraz upravljačka glava) prevodi se u zakretanje rukunice upravljača, a ova potom u linearno kretanje prenosnih elemenata mehanizma. Prenosni odnos u upravljačkom prenosniku mora da bude takav, da sila na upravljačkom točku nesme da pređe vrednost od 250 N.

Kod putničkih vozila prenosni odnos se kreće u granicama 10:1 do 25:1, dok je kod teretnih vozila, već u zavisnosti od namene i mase vozila, prenosni odnos je znatno veći i kreće se u rasponu 25:1 do 40 :1. Veći prenosni odnosi se ne izabiraju s obzirom da bi usporenje reagovanja bilo veliko, pa time i reagovanje upravljačkih točkova na komandu znatno smanjeno. Posredstvom prenosnog odnosa i eventualni poprečnbi i poduzni udari i trazaji na točak prilikom kretanja se “odvajaju” od komandnog dela sistema.



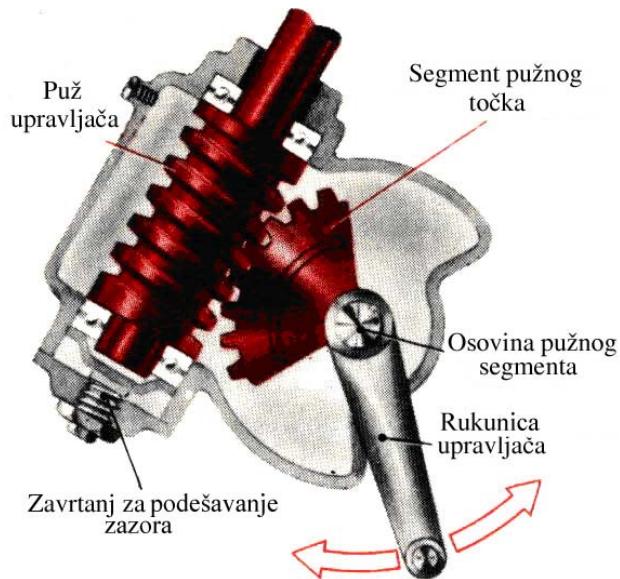
Slika VIII.21 Elementi upravljačkog mehanizma

- | | | |
|------------------------|-----------------------|------------------------------|
| 1. Točak upravljača | 2. Vreteno upravljača | 3. Upravljački prenosnik |
| 4. Rukunica prenosnika | 5. Podužna spona | 6. Zakretna rukunica rukavca |
| 7. Spona | 8. Rukavac točka | |

Upravljački prenosnik

Razvojem vozila neprestano se usavršavala konstrukcija upravljačkog prenosnika, tako da se danas u upotrebi nalazi veći broj različitih konstrukcija, ali su svi sa istom funkcijom. Od svih dole navedenih jedino se za konstrukciju prenosnika sa pužnim elementima, dato na slici VIII.22 može da kaže da pripada "istoriji", dok su sve ostale u podjednakoj upotrebi i u savremenim vozilima, od čega kod putničkih vozila prenosnik sa upravljačkom letvom dominira.

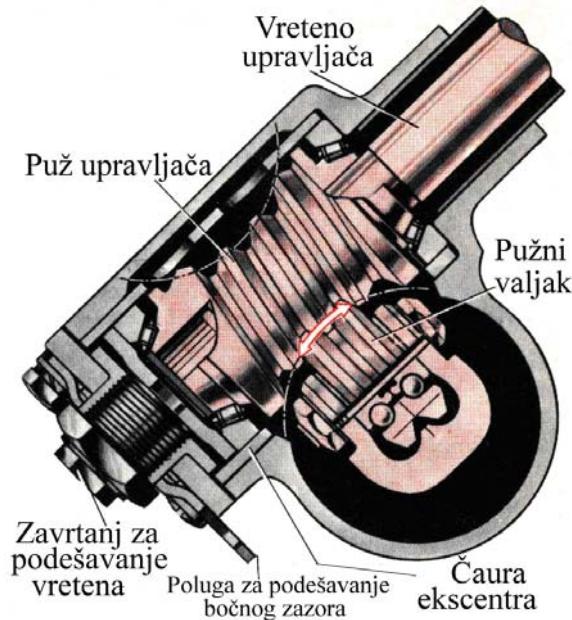
Na upravljačkom **prenosniku sa pužnim elementima**, okretanje puža se redukuje i usporava zakretanje segmenta pužnog točka, za koga je čvrsto povezana rukunica upravljača, koja translatorno kretanje svoga "slobodnog kraja" prenosi na elemente trapeza upravljačkog sistema.



Slika VIII.22 Upravljački prenosnik sa pužnim elementima

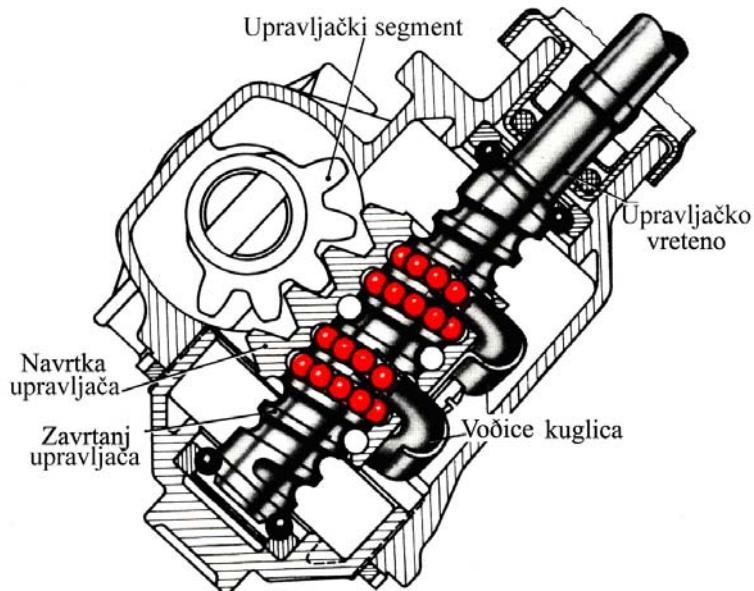
Pužni prenosnik sa valjkom sličan je prethodnoj konstrukciji samo umesto segmenta pužnog točka ovaj ima valjak za upravljanje. Puž takođe nije cilindričan, već mu se vrhovi zubaca nalaze na jednoj polukružnoj liniji, kako je prikazano na slici VIII.23.

Okretanjem puža valjak upravljača se pokreće po kružnoj putanji a time drugi kraj rukunice, koja je čvrsto povezana sa nosačem valjka, translatorno zakreće.



Slika VIII.23 Upravljački prenosnik sa pužnim valjkom

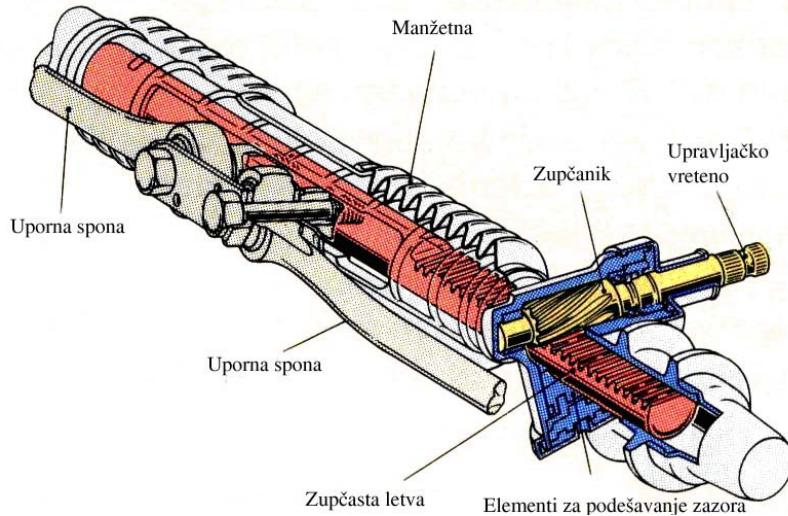
Prenosnik upravljača sa kuglicama (*slika VIII.24*) je prenosnik sa zavoјnim vretenom posebne izvedbe. Osovina upravljača je sa kuglastom spoljnom zavoјnicom, dok je u navrtki upravljača sneštena unutrašnja kuglasta zavoјnica. Obe zavoјnice čine ustvari ležište kuglica, koje se smeštaju po zavoјnici.



Slika VIII.24. Upravljački prenosnik sa kuglicama

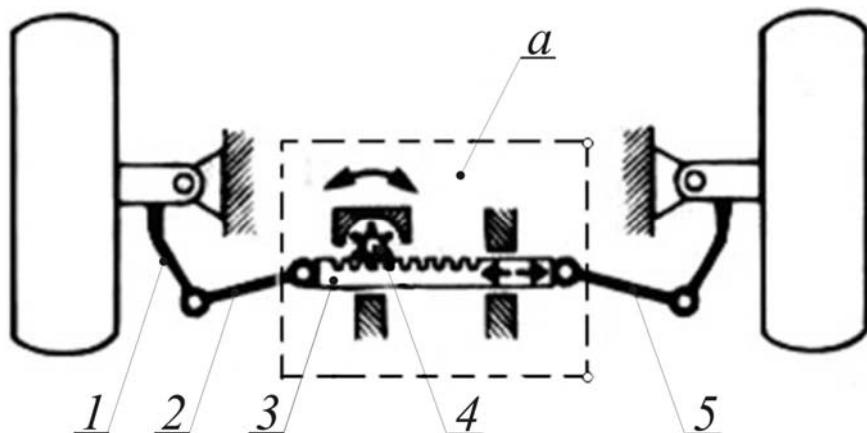
Okretnjem osovine upravljača ista pokreće kuglice da se pomeraju po zavojnici, koje svoje pomeranje prenose na navrtku u aksijalnom pravcu osovine upravljača. Navrtka upravljača zakreće upravljački segment, koji je spojen sa rukunicom upravljača.

Dakle, cevaste vođice na zavojnom vretenu i navrtki obezbeđuju kružno vođenje kuglica. Ovakvom konstrukcijom vreteno upravljača ne pokreće navrtku kliznim trenjem već kotrljajućim, čime se smanjuje potrebna sila za zakretanje upravljačkih točkova. Ovakva konstrukcija je uglavnom primenjena na tertenim vozilima.



Slika VIII.25 Upravljački prenosnik sa zupčastom letvom

Upravljački prenosnik sa zupčastom letvom (slika VIII.25) sastoji se od zupčaste letve postavljene poprečno na uzdužnu osu vozila i zupčanika koji je naglavljen na vreteno. Okretanjem vretena a time i zupčanika translatorno se pomera zupčasta četva u svojim vođicama i svoje kretanje direktno prenosi na spone trapeza upravljačkog sistema (slika VIII.26). Zupčanik i zupčasta letva su najčešće sa kosim ozubljenjem kako bi se postigla veća dužina zahvata.

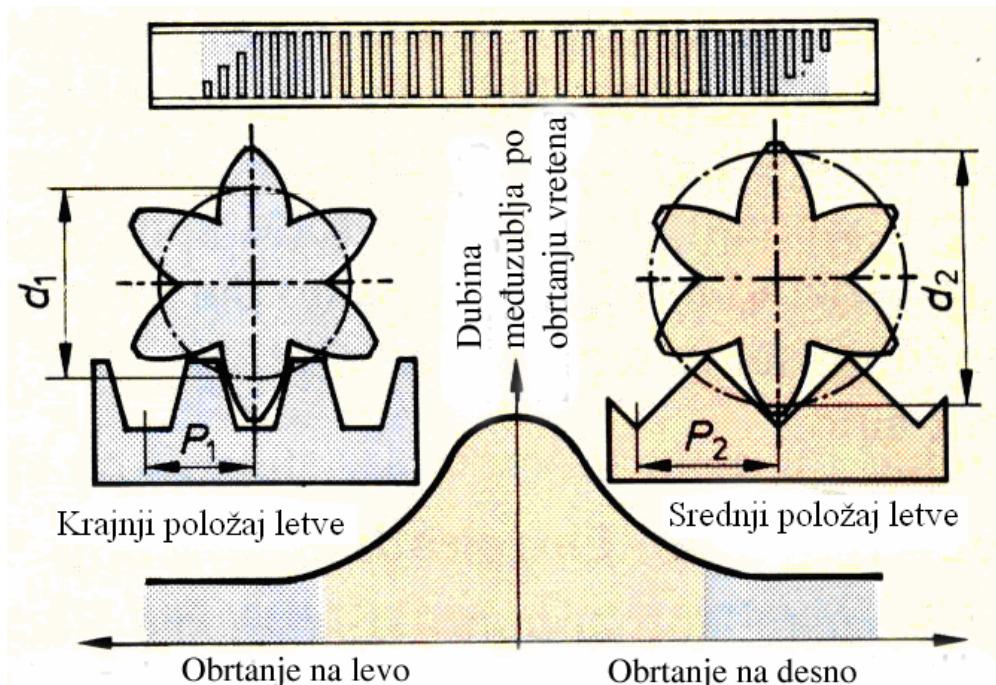


Slika VIII.26. Upravljački mehanizam sa zupčastom letvom

a. Upravljački prenosnik sa zupčastom letvom

- | | | |
|-------------------------|----------------|-------------------|
| 1. Poluga rukavca točka | 2. Desna spona | 3. Zupčasta letva |
| 4. Zupčanik | 5. Leva spona | |

Kod mehaničkog prenosa bez servo pojačanja sile upravljanja može da se prenosni odnos zupčaste letve izvede varijabilno, sa takozvanim direktnim i indirektnim prenosom. Prednost ovakvog izvođenja je u tome, što se kod vožnje na pravcu ili sa malim uglom zakretanja, kada je zupčasta letva u srednjem položaju, prenosni odnos je direktni, odnosno sa većom međuzubnom podelom zupčanika (veći modul) na zupčastoj letvi. U oblasti krajnjeg položaja zupčaste letve, odnosno pri velikim uglovima zakretanja, prenosni odnos je indirektni, odnosno sa manjom međuzubnom podelom (manji modul) zupčanika na zupčastoj letvi (slika VIII.27).



Slika VIII.27. Zupčanik zupčaste letve sa varijabilnim prenosom

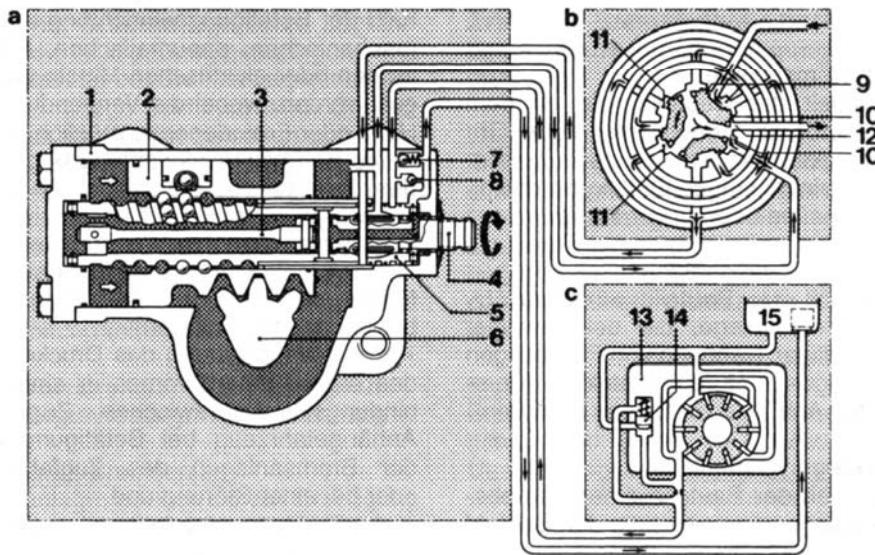
Servo pojačivač sile zakretanja (servo upravljač)

S obzirom da sila na upravljačkom točku zavisi od vrste i mase vozila, stanja puta po kome se isto kreće, kao i konstrukcije celog mehanizma, u savremenim voziima se već serijski ugrađuju upravljački prenosnici sa servo pojačivačem sile upravljanja, čime je sila vozača na točak upravljača znatno smanjena.

U svrhu pojačanja sile u upravljačkom mehanizmu koriste se najčešće hidraulični servo pojačivači sile, koji se sastoje u principu iz triju grupa međusobno povezanih: Pogonski deo sistema (hidraulična pumpa – element c na slici VIII.28 i VIII.29), razdelnik ulja (element b na slici VIII.28 i VIII.29) i izvršni deo sistema - upravljački prenosnik (element a na slici VIII.28 i VIII.29). Kod ovih pojačivača pumpa dobija stalno energiju od motora vozila, najčešće preko zupčastog kaiša i time stalno u sistemu održava pritisak reda veličina 70 do 100 bar. Zakretanjem upravljača, stupa u dejstvo hidraulički razvod, koji usmerava protok ulja u odgovarajuću komoru izrvršnog sistema, koji potom zavisno od pravca okretanja upravljača, pokreće elemente na način identičan već opisanom kretanju kod čisto mehaničkih prenosnika sa kuglicama ili zupčastom letvom.

Na opisani način servo motor, uz pomoć energije fluida pod pritiskom, omogućuje pojačavanje sile zakretanja na rukunici upravljačkog sistema, odnosno smanjuje se sila na upravljačkom točku, kojom se zakreću upravljački točkovi.

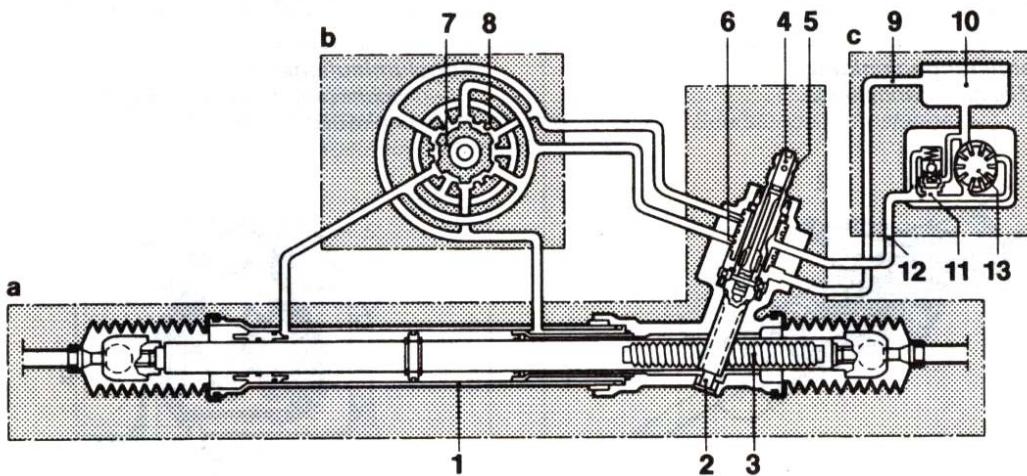
Loša strana ovakvog sistema je što je pumpa stalno radi i održava pritisak ulja, bez obzira da li je potrebna sila zakretanja ili ne.



Slika VIII.28. Servo upravljački prenosnik sa kuglicama

a) Upravljački prenosnik b) Hidro razdelnik c) Hidropumpa

- | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Kućište | 2. Klip | 3. Obrtna poluga |
| 4. Upravljačko vreteno | 5. Upravljačka pužna čaura | 6. Pužni segment |
| 7. Ventil za ograničavanje pritiska | 8. Usisni ventil | 9. Ulazni otvor |
| 10. Otvor za povratano ulje | 11. Aksijalni žljeb | 12. Aksijalni žljeb za povratno ulje |
| 13. Krilna pumpa | 14. Ventil za ograničavanje protoka | 15. Rezervoar ulja |



Slika VIII.29. Servo upravljački prenosnik sa zupčastom letvom

- | a) Upravljački prenosnik | b) Hidro razdelnik | c) Hidropumpa |
|---------------------------------|--|---------------------------|
| 1. Radni cilindar | 2. Zupčanik upravljača | 3. Zupčasta letva |
| 4. Upravljačko vreteno | 5. Donje vreteno | 6. Žljeb upravljača |
| 7. Obrtni šiber | 8. Čaura upravljača | 9. Kanal za povratno ulje |
| 10. Rezervoar ulja | 11. Ventil za ograničavanje protoka i pritiska | |
| 12. Potisni vod | 13. Krilna pumpa | |

Novije generacije se izvode sa elektromotornim servopojačivačem, odnosno elektromotor pokreće hidrauličku pumpu. Ovaj sistem radi samo kada je potreban, to jest kada se vozač okreće upravljač startuje se elektromotor koji pokreće pumpu, čime se štedi i sam sistem ali i energija.