

## POLJOPRIVREDNI TRAKTORI

Traktor je samohodna tehnološka mašina koja može služiti za vuču priključnih mašina i za pogon stacionarnih ili mobilnih mašina preko kajišnika ili izvodnog vratila.

Traktor je u suštini motorno vozilo. Za razliku od običnih motornih vozila koja služe za transport u javnom saobraćaju, traktor, kao pokretni energetska izvor u sprezi sa priključnom mašinom, namenjen je za obavljanje tehnoloških operacija. Traktor, osim toga, u sprezi sa prikolicom služi i za transport.

**Parni traktori.** Parna mašina pronađena je otprilike 100 godina pre motora s unutrašnjim sagorevanjem (v. *Parni stroj*; v. *Motori s unutrašnjim izgaranjem*; TE 9, str. 1), pa su i prvi traktori imali parnu mašinu kao pogonski motor. U početku su služili za pogon vršalica u prostranim žitornim oblastima, da bi se, kasnije, upotrebljavali i za vuču plugova, pripremu zemljišta, setvu i sabiranje letine.

Slabe su strane parnog traktora: velika težina, mala brzina kretanja i teškoće u snabdevanju gorivom i vodom u toku rada.

»**Gasni traktori.** Krajem XIX veka pojavili su se u SAD »gasni traktori«, koji su bili po vanjskom obliku i dimenzijama slični parnom traktoru, ali su umesto parne mašine imali motor s unutrašnjim sagorevanjem. Takav traktor imao je prednosti u odnosu na parni pre svega zato što je »gas« (petroleum) energetska mnogo više koncentrisano gorivo, a i pogonske karakteristike motora su mnogo povoljnije. Godine 1908. na poljima SAD radilo je više od 300 takvih traktora, da bi ih 1910. bilo više od 2000.

**Laki traktori.** Već 1910. napore su bili usmereni ka proizvodnji lakih traktora. Tako se 1913. pojavilo nekoliko manje ili više uspešnih konstrukcija traktora sa dvocilindarskim i četvorocilindarskim motorima.

S izbijanjem prvog svetskog rata, kad se počeo osećati nedostatak radne snage uz istovremeni zahtev za povećanjem poljoprivredne proizvodnje, počeo je nagli razvoj traktora. Već je 1920. u SAD bilo ~250 000 traktora, a 1925. godine više od 500 000 traktora i pored krize u poljoprivredi koja je počela 1920. godine.

Brojna su usavršavanja ostvarena nakon 1920. godine. Od 1920. remenica ulazi u standardnu opremu traktora, a 1925. konstruisan je prvi traktor s izvodnim vratilom. Godine 1931. počela je era traktora s dizel-motorima, a 1932. pojavili su se prvi traktori s pneumaticima, da bi 1940. skoro u potpunosti smenili čelične točkove.

Izmene u koncepciji traktora i priključnih mašina doneo je sistem ovešanja priključnih mašina u tri tačke, te hidraulični sistem regulacije i podizanja priključne mašine. Sa razvojem obrade u ratarstvu i zahtevima da se radne brzine usklade s potrebama, broj stepeni prenosa u menjaču povećan je do 24 pri kretanju unapred i do 4 pa i više pri kretanju unazad. Poslednjih godina velika se pažnja posvećuje radnim uslovima rukovaoca, od uvođenja sigurnosne kabine i kvalitetnih sedišta do obezbeđenja radnih uslova s obzirom na mikroklimu i intenzitet buke.

Savremeni traktori snage do 250 kW, sa tendencijom daljeg povećanja, predstavljaju tehnički zrele konstrukcije.

**Proizvodnja traktora u Jugoslaviji.** Prvi traktor u Jugoslaviji proizveden je 1950. u *Industriji motora* u Rakovici (IMR), na osnovu vlastite konstrukcije. Imao je modificirani benzinski motor kamiona Praga koji se proizvodio od 1939. po čehoslovačkoj licenci u *Industriji motora* Rakovica.

Pravi razvoj traktorske industrije u Jugoslaviji počinje nakon izvršenih ispitivanja više tipova traktora tokom 1952. i 1953. godine i pošto je otkupljena licencija engleskog traktora *Ferguson*. *Industrija mašina i traktora (IMT)* u Beogradu, koja je počela proizvodnju traktora *Ferguson* 1955. godine, razvila se u značajnog proizvođača traktora, proizvodeći traktore snage od 5 kW do 360 kW. Pored *Industrije mašina i traktora*, traktore proizvode fabrike *Tomo Vinković* u Bjelovaru (traktori za individualna gazdinstva, za voćarstvo i vinogradarstvo), *Torpedo* u Rijeci (traktori nižih i srednjih kategorija, s vazdušno hlađenim motorima), *Bratstvo* u Pucarevu (traktovi guseničari) i 14. oktobar u Kruševcu (traktori guseničari). Za potrebe jugoslovenske poljoprivrede, međutim, još uvek se uvoze traktori iz SAD, SSSR, SR Nemačke, Italije, Čehoslovačke i Švedske. Manje traktorskih jedinica uvozi se iz Poljske i Rumunije.

### Klasifikacija traktora

Traktori se mogu klasificirati po više različitih osnova. Najčešće su klasifikacija prema nameni, vrsti motora, konstrukciji voznog postroja ili vučnim sposobnostima traktora.

**Klasifikacija prema nameni** razlikuje sledeće vrste traktora: univerzalni traktori (sl. 1), voćarski traktori, vinogradarski traktori, traktori nosači oruđa, sistemski traktori (sl. 2), specijalni traktori i industrijski traktori.

**Klasifikacija prema vrsti motora** razlikuje traktore sa oto-motorima i traktore sa dizel-motorima.

**Klasifikacija prema konstrukciji voznog postroja** razlikuje traktore točkaše, guseničare (sl. 3) i poluguseničare.

Traktori točkaši mogu biti: traktori sa jednim točkom; jednoosovinski traktori sa dva pogonska točka; dvoosovinski traktori sa tri točka i pogonom na dva točka; dvoosovinski traktori sa četiri točka i pogonom preko zadnje osovine (sl. 1); dvoosovinski traktori sa četiri točka i pogonom preko točkova obeju osovine, gde su prednji točkovi manji od točkova zadnje osovine (sl. 4); dvoosovinski traktori sa četiri jednaka točka



Sl. 1. Univerzalni traktor sa pogonom na zadnjim točkovima. Pogonski dizel-motor hlađen vazduhom, tri cilindra, snaga 33 kW, proizvod fabrike Torpedo, Rijeka



Sl. 2. Sistemski traktor sa pogonom na sva četiri točka. Pogonski dizel-motor sa nabijanjem, hlađen vodom, šest cilindara, snaga 92 kW, proizvod fabrike Daimler-Benz



Sl. 3. Traktor guseničar



Sl. 4. Specijalni traktor sa pogonom na sva četiri točka. Pogonski dizel-motor hlađen vazduhom, četiri cilindra, snaga 55 kW, proizvod fabrike Torpedo, Rijeka

i pogonom preko točkova obeju osovina (sl. 2); dvoosovinski zglobovi traktori sa četiri jednaka točka i pogonom preko točkova obeju osovina (sl. 5); višeosovinski traktori.

Klasifikacija prema vučnoj sposobnosti traktora razlikuje traktore prema snazi ugrađenih motora i prema nominalnoj sili vuče.



Sl. 5. Zglobni traktor sovjetske proizvodnje sa pogonom na sva četiri točka. Pogonski dizel-motor snage 132 kW

**Poljoprivredno zemljište** je ona vrsta zemljišta koja po svom sastavu i stanju omogućuje da biljke rastu, da se razvijaju i da donose rod. Zemljišta se kategorišu prema procentualnom udelu triju komponenata: peska, gline i praha, prema osobinama bitnim za poljoprivrednu proizvodnju: černo zem, crnica, gajnjača, ritska crnica, glinuša itd.

Tokom vremena zemljište menja svoje osobine. Taj je proces dugotrajan. Prilikom privođenja zemljišta kulturi, kvalitet se postupno povećava i dostiže svoj maksimum. Posle tog perioda opada kvalitet zemljišta sve do njegova iscrpljenja. Takvo se zemljište više ne smatra poljoprivrednim zemljištem. Pобољшanje kvaliteta postupan je i trajan proces, dok se opadanje kvaliteta zemljišta, međutim, može ubrzati, pa čak i da se ono pojavi pre nego što je postignut mogući maksimum kvaliteta. Takav se proces naziva *degradacijom zemljišta*, a takva zemljišta degradiranim zemljištima.

Intenzivnija degradacija zemljišta nastaje prolaskom teške mehanizacije, posebno prolaskom traktora po tek uzoranoj brazdi. Tada se usled sabijanja tla stvara tzv. *don točka*, koji više oštećuje zemljište od *plužnog dona*. Intenzitet degradacije raste sa povećanjem specifičnog pritiska na zemljište i sa povećanjem procenta vlažnosti. Različita zemljišta različito su osetljiva na sabijanje i na posledice sabijanja. Posebno su osetljive teške glinuše i lesna zemljišta.

Sa uvođenjem teških i vrlo teških traktora i njihovih priključnih mašina, sve je izrazitiji problem gaženja i sabijanja zemljišta. U razvoju poljoprivredne mehanizacije, posebno teških i vrlo teških traktora, kao ograničavajući faktor javlja se odnos mašina—zemljište—biljka. Sa stanovišta konstrukcije traktora postoji optimalna granica povećanja snage i težine traktora. To naročito važi za one traktore koji se sprežu sa priključnim mašinama koje imaju pasivne radne organe, dakle s onima koje radne operacije obavljaju vučom, a ne preko izvodnog vratila traktora.

**Vuču traktora.** Sila vuče  $F_z$  rezultujuća je pogonska sila na kontaktu pogonskih točkova i zemljišta. Ona se sastoji, u slučaju kretanja po horizontalnoj podlozi, od sile na poteznici  $F_{ph}$  i sile otpora kretanja nepogonskih točkova  $F'_k$  (sl. 6), pa je

$$F_z = F_{ph} + F'_k. \quad (1)$$

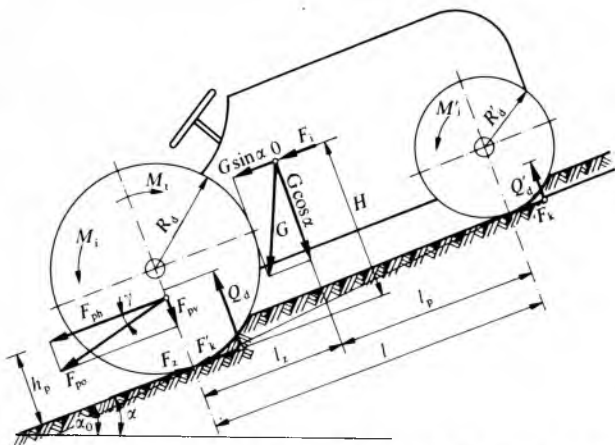
Otpor kretanja pogonskih točkova  $F_k$  dobiva se tako da se moment otpora kretanja  $M_k$ , koji se meri na pogonskim točkovima, подели sa dinamičkim poluprečnikom točka  $R_d$ , pa je

$$F_k = \frac{M_k}{R_d}. \quad (2)$$

Koeficijent vuče  $\alpha$  definiran je odnosom

$$\alpha = \frac{F_z}{Q_d}, \quad (3)$$

gde je  $Q_d$  opterećenje na pogonskom točku. Koeficijent vuče zavisi od vrste zemljišta i tipa točka, a menja se sa procentom klizanja. Ta je zavisnost jedna od bitnih karakteristika ponašanja točka, pa i traktora prilikom vuče na zemljištu.



Sl. 6. Delovanje sila na traktoru točkašu sa pogonom na zadnjim točkovima

Sila na poteznici  $F_p$  definisana je prema potencijalu vuče, a nije određena prema potencijalu motora, pa iznosi

$$F_p = \alpha Q_d - F'_k. \quad (4)$$

Obimna sila  $F_o$  određena je relacijom

$$F_o = F_p + F'_k. \quad (5)$$

Ako se obimna sila računa prema potencijalu vuče, njezina je maksimalna vrednost

$$F'_o = \alpha Q_d + F'_k, \quad (6)$$

a ako se računa prema potencijalu motora, maksimalna vrednost iznosi

$$F''_o = \frac{M_m i_u \eta_t}{R_d}, \quad (7)$$

gde je  $M_m$  moment motora,  $i_u$  ukupni prenosni odnos od zamajca motora do točkova, a  $\eta_t$  stepen korisnog dejstva prenosa.

Dinamički poluprečnik točka  $R_d$  utvrđuje se prema stvarnom putu  $s_s$  bez klizanja, pa je

$$R_d = \frac{s_s}{2\pi n}, \quad (8)$$

gde je  $n$  broj obrta točka na putu  $s_s$ . Pri utvrđivanju poluprečnika  $R_d$  mora biti pritisak u pneumatiku nominalan, a brzina kretanja traktora maksimalna, ali tako da se preko točka ne prenosi moment.

Maksimalna tangencijalna sila koju zemljište može da preuzme iznosi

$$F'_t = A c + Q_d \tan \varphi, \quad (9)$$

gde je  $A$  kontaktna površina između točka i podloge,  $c$  koeficijent kohezije zemljišta,  $Q_d$  normalno opterećenje na točku, a  $\varphi$  ugao unutrašnjeg trenja zemljišta. Stvarna maksimalna tangencijalna sila koju zemljište može da preuzme, međutim, iznosi

$$F_t = F'_t + F_r, \quad (10)$$

gde je  $F_r$  sila smicanja ostvarena delovanjem rebara točka po dubini zemljišta.

**Snaga motora i traktora.** Pri razmatranju snage motora i traktora treba razlikovati efektivnu i trajnu snagu, snagu na remenici, snagu na izvodnom vratilu i vučnu snagu.

Efektivna snaga motora određuje se u fabrici na probnom stolu.

Trajna snaga motora je efektivna snaga koju motor može trajno proizvoditi u termički ravnotežnom stanju, uz maksimalno punjenje i nominalni broj obrta.

Snaga na remenici je trajna snaga koju može da ostvaruje traktor uz standardizovani broj obrta remenice. Ustanovljuje se pomoću nekog od apsorpcionih dinamometara direktno spregnutih sa vratilom remenice.

Snaga na izvodnom vratilu je trajna snaga koja može da se ostvari na izvodnom vratilu uz standardizovani broj obrta izvodnog vratila.

Vučna snaga je maksimalna moguća snaga koja može da se ostvari pri radu traktora na horizontalnoj površini uz uslov da je sila koja deluje na vučni uređaj takođe horizontalna. Vučna snaga zavisi od brzine kretanja traktora, od stepena prenosa u menjaču, od težine traktora i od opterećenja na prednjim i zadnjim točkovima, zatim od vrste podloge, dimenzija pneumatika, pritiska u pneumaticima i od visine tačke delovanja sila na vučni uređaj.

**Mehanika zemljišta.** Zemljište je kompleksan sistem po kome se kreću točkovi traktora i na koji se prenosi sila sa točkova. Zemljište se, u izvesnim granicama, ponaša kao plastični materijal, a proces sabijanja zemljišta odvija se u površinskom sloju. Poljoprivredno je zemljište mešavina peska, gline i organskih materija vrlo različitih kohezivnih i frikcionih karakteristika koje zavise od stepena vlažnosti. Uz to, poljoprivredno zemljište nije homogeno ni u vertikalnom ni u horizontalnom profilu.

Sposobnost prenosa sila točka na zemljište i vrednost otpora kretanja zavise od sledećih sedam faktora: kohezivnih osobina zemljišta ( $c$ ), frikcionih osobina zemljišta, odnosno ugla unutrašnjeg trenja zemljišta ( $\varphi$ ), kohezionog modula deformacije zemljišta ( $k_c$ ), frikcionog modula deformacije zemljišta ( $k_\varphi$ ), dubine traga točka ( $z$ ), koeficijenta traga točka ( $n$ ) i vrednosti minimalne dimenzije kontaktne površine ( $b$ ).

Specifični pritisak i otpor kretanja traktorskog elastičnog točka, pri određenoj dubini traga, zavise od osobina zemljišta. Između specifičnog pritiska  $p_z$  i dubine traga postoji odnos

$$p_z = \left( \frac{k_c}{b} + k_\varphi \right) z^n. \quad (11)$$

Karakteristike zemljišta  $k_c$ ,  $k_\varphi$ ,  $\varphi$ ,  $c$  i  $n$  određuju se beva-metrom (naziv je skraćenica od Bekker Value Meter), instrumentom koji je konstruisao M. G. Bekker.

**Uticajni faktori na efekat vuče.** Efekat vuče zavisi od tangencijalne sile koju može da preuzme zemljište. Na kohezionim zemljištima efekat vuče poboljšava se povećanjem kontaktne površine između točka i zemljišta. Na frikcionim zemljištima poboljšanje efekta vuče može se ostvariti povećanjem normalnog opterećenja na točak.

Efekat vuče povećava se i smanjenjem otpora kretanja. Otpor kretanja zavisi od dimenzija točka, pri čemu je važan prečnik točka.

Pritisak u pneumatiku, pored toga što utiče na proces sabijanja zemljišta, znatno utiče na efekat vuče. Što je pritisak u pneumatiku niži, to je veći efekat vuče.

Rebra na pneumaticima povećavaju efekat vuče samo ako se prodiranjem rebara u dubinu zemljišta dolazi do slojeva veće nosivosti.

Povećanje efekta vuče može se ostvariti udvajanjem točkova, stavljanjem tegova na točkove ili na ram traktora, punjenjem pogonskih točkova tečnošću te postavljanjem lanaca na pogonske točkove.

**Težište traktora.** Stabilnost i ponašanje traktora u dinamičkim uslovima zavisi od položaja njegova težišta. Postoji nekoliko metoda za određivanje položaja težišta, ali se najčešće horizontalni razmak težišta od prednje ili zadnje osovine određuje merenjem opterećenja osovine. Visina težišta određuje se merenjem opterećenja  $Q_z$  na zadnjoj osovini kad je prednja osovina traktora tako uzdignuta da linija povučena kroz središte točkova sa horizontalom zatvara ugao  $\alpha_1$  (sl. 7). Horizontalni je razmak središta točkova

$$l' = \left( l + \frac{D-d}{2} \tan \alpha_1 \right) \cos \alpha_1, \quad (12)$$

gde je  $l$  razmak središta točkova, a  $D$  i  $d$  prečnik zadnjeg i prednjeg točka. Razmak težišta  $C$  od središta zadnjeg točka iznosi

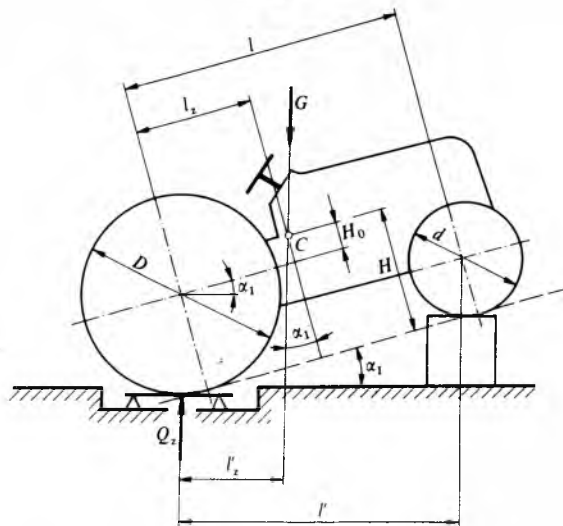
$$H_0 = \frac{l_z - l' \cos \alpha_1}{\tan \alpha_1}, \quad (13)$$

pa je visina težišta

$$H = H_0 + \frac{D}{2}. \quad (14)$$

Preporučuje se da razmak težišta traktora standardne izvedbe od ose zadnjih točkova bude

$$l_z \geq H \tan \alpha_k, \quad (15)$$



Sl. 7. Uz određivanje težišta traktora točkaša sa pogonom na zadnjim točkovima

gde je  $\alpha_k = 35^\circ$  kritični ugao podužnog nagiba, a da visina težišta bude

$$H \geq \frac{B_{\min}}{2 \tan \beta_k}, \quad (16)$$

gde je  $B_{\min}$  najmanji razmak točkova na zadnjoj osovini, a  $\beta_k = 25^\circ$  kritični ugao poprečnog nagiba.

Za traktore sa zglobnom šasijom i sa pogonom na prednje i zadnje točkove jednakih dimenzija visina težišta treba da iznosi

$$H = \frac{B}{2 \tan \beta_k}, \quad (17)$$

a razmak težišta od zadnje osovine

$$l_z = \frac{2}{3} l, \quad (18)$$

gde je  $B$  razmak točkova na zadnjoj osovini, a  $l$  razmak središta prednjih i zadnjih točkova. Da bi se u radnim uslovima ostvarila jednakost dinamičkih opterećenja na osovima, mora na prednjoj osovini delovati opterećenje

$$G_p = \frac{2}{3} G, \quad (19)$$

a na zadnjoj osovini opterećenje

$$G_z = \frac{1}{3} G, \quad (20)$$

gde je  $G$  težina traktora.

**Bilans snage traktora glasi**

$$P_e = P_t + P_s + P_k + P_v + P_u + P_i + P_p + P_{iv}, \quad (21)$$

gde je  $P_e$  efektivna snaga motora potrebna za savlađivanje svih otpora,  $P_t$  snaga za savlađivanje otpora u prenosnim uređajima,  $P_s$  gubitak snage zbog klizanja pogonskih točkova,  $P_k$  snaga za savlađivanje otpora kretanja,  $P_v$  snaga za savlađivanje otpora vazduha,  $P_u$  snaga za savlađivanje uspona,  $P_i$  snaga za savlađivanje inercije,  $P_p$  snaga za savlađivanje otpora na poteznici, a  $P_{iv}$  snaga koja se predaje preko izvodnog vratila.

Pri određivanju efektivne snage motora traktora prema jednačini (21) potrebno je predvideti rezervu snage od ~15% da bi se prevladale promene otpora koje se mogu pojaviti tokom rada.

Karakteristike otpora obrade navedene su u tabl. 5.

*Snaga za savlađivanje otpora u prenosu ( $P_t$ ).* Pri prenosu snage od zamajca do pogonskih točkova gubi se deo efektivne snage motora. Taj se deo snage može odrediti iz izraza

$$P_t = P_e (1 - \eta_t), \quad (22)$$

gde je  $\eta_t$  stepen korisnog dejstva prenosa, koji nema konstantnu vrednost, već ovisi o opterećenju i broju obrta.

*Gubitak snage zbog klizanja pogonskih točkova ( $P_s$ ).* Teorijska brzina kretanja traktora iznosi

$$v_t = \frac{R_d \pi n}{30}, \quad (23)$$

gde je  $R_d$  dinamički poluprečnik točka, a  $n$  broj obrta pogonskog točka u minuti. Zbog klizanja pogonskih točkova, za vreme tehnoloških operacija, stvarna je brzina  $v_s$  manja od teoretske  $v_t$ . Klizanje u procentima definisano je izrazom

$$\sigma = \frac{v_t - v_s}{v_t} 100\% = \frac{s_t - s_s}{s_t} 100\%, \quad (24)$$

gde je  $s_t$  teoretska, a  $s_s$  stvarno prevaljena udaljenost. Zbog klizanja pogonskih točkova gubi se sledeća snaga

$$P_s = F_v (v_t - v_s). \quad (25)$$

U tom je izrazu

$$F_v = \frac{M_g}{R_d} - \left( \frac{M_t}{R_d} + F_k \right), \quad (26)$$

gde je  $M_g$  moment na glavčini pogonskih točkova,  $M_t$  moment trenja u ležajima glavčina, a  $F_k$  otpor kretanja pogonskih točkova traktora.

*Snaga za savlađivanje otpora kretanja ( $P_k$ ).* Kad se traktor kreće po tvrdoj podlozi, otpor kretanja pojavljuje se kao otpor kotrljanja koji iznosi

$$F_{kt} = G f \cos \alpha, \quad (27)$$

gde je  $G$  težina traktora,  $f$  koeficijent otpora kotrljanja, a  $\alpha$  ugao uspona, pa je snaga potrebna za savlađivanje otpora kotrljanja

$$P_{kt} = F_{kt} v_s. \quad (28)$$

Kad se, međutim, traktor kreće po poljoprivrednom zemljištu, dakle po mekoj podlozi, nastaju trajne deformacije zbog prolaza

Tablica 5  
KARAKTERISTIKE POLJOPRIVREDNIH RADOVA

| Radna operacija        | Priključna mašina     | Masa (kg) po metru zahvata |               | Dubina obrade<br>cm | Specifični otpor<br>kN/m | Neravnomernost otpora  |             | Koeficijent mogućeg preopterećenja |
|------------------------|-----------------------|----------------------------|---------------|---------------------|--------------------------|------------------------|-------------|------------------------------------|
|                        |                       | Vučena mašina              | Nošena mašina |                     |                          | Stepen neravnomernosti | Perioda s   |                                    |
| Oranje zemljišta lakog | Plug                  | 500...700                  | 300...400     | 20...22             | 4...7,6                  | 0,10...0,20            | 0,2...2     | 1,1...1,2                          |
| srednje teškog         | Plug                  | 600...800                  | 400...600     | 20...22             | 7...12                   | 0,15...0,30            | 0,2...2     | 1,1...1,3                          |
| srednje teškog         | Plug                  | 600...800                  | 400...600     | 27...35             | 9,4...19                 | 0,15...0,30            | 0,2...2     | 1,1...1,3                          |
| teškog                 | Plug                  | 800...900                  | 600...700     | 20...22             | 11...18                  | 0,20...0,30            | 0,2...2     | 1,2...1,35                         |
| teškog                 | Plug                  | 800...900                  | 600...700     | 27...35             | 15...28                  | 0,20...0,30            | 0,2...2     | 1,2...1,35                         |
| Podrivanje             | Dletasti plug         | —                          | 500...600     | 30...45             | 14...24                  | —                      | —           | 1,2...1,35                         |
| Duboka kultivacija     | Čizel-kultivator      | 175...200                  | 180...200     | 20...30             | 6...12                   | —                      | —           | 1,1...1,3                          |
| Ljuštenje              | Tanjirača             | 210...220                  | —             | 8...12              | 1,4...2                  | —                      | —           | 1,2                                |
| Drljanje               | Drljača               | 30                         | 30...40       | 4...6               | 0,4...0,5                | 0,06...0,10            | —           | 1,1                                |
| Duboko drljanje        | Teška drljača         | 40                         | 40...60       | 6...8               | 0,5...0,6                | 0,08...0,12            | —           | 1,0                                |
| Tanjiranje             | Diskosna drljača      | 240...270                  | —             | 6...10              | 1,8...2,2                | 0,08...0,15            | —           | 1,1                                |
| Kultivacija            | Kultivator            | 200...240                  | 170...200     | 8...12              | 1,4...2,5                | —                      | —           | 1,2                                |
| Kultivacija            | Kultivator sa motikom | 200...240                  | 170...200     | 6...10              | 1,6...2,4                | —                      | —           | —                                  |
| Kultivacija            | Kultivator nagrtač    | 240...300                  | 180...220     | 8...12              | 0,8...1,4                | —                      | —           | 1,05                               |
| Sejanje                | Diskosna sejlica      | 240...260                  | 180...220     | —                   | 1,0...1,4                | 0,12...0,22            | 0,15...0,40 | 1,0                                |
| Sejanje + đubrenje     | Kombinirana sejlica   | 250...280                  | 200...240     | —                   | 1,1...1,6                | 0,15...0,25            | —           | 1,05                               |
| Kosidba sena           | Kosilica              | 220                        | 80...100      | —                   | 0,8...1,0                | —                      | —           | 1,0                                |
| Grabljanje sena        | Bočne grablje         | 100                        | —             | —                   | 0,7...0,9                | —                      | —           | 1,05                               |
| Kosidba žitarica       | Windrover             | —                          | —             | —                   | 1,0...1,3                | —                      | —           | 1                                  |
| Kombajniranje          | Vučeni kombajn        | 900...1100                 | —             | —                   | 1,1...1,9                | 0,06...0,36            | 0,20...0,40 | 1,3...1,4                          |

točka ili gusenice. Tada se otpor kretanja sastoji od triju komponenata: *a*) otpora kretanja ( $F_{k0}$ ) usled deformacije zemljišta i deformacije pneumatika, *b*) otpora kretanja ( $F_{kb}$ ) usled potiskivanja čestica podloge ispred točka (bulldozing effect) i *c*) otpora kretanja ( $F_{kp}$ ) usled povlačenja jako raskvašenog zemljišta bokovima pneumatika ili gusenice.

Otpor kretanja samo usled deformacije zemljišta iznosi

$$F_{k0} = \frac{1}{n+1} \sqrt[n]{\frac{b(p_i + p_d)^{n+1}}{k_c + b k_\phi}}, \quad (29)$$

gde je  $b$  širina otiska točka u zemljištu,  $p_i$  pritisak vazduha u pneumatiku,  $p_d$  pritisak karkasa pneumatika, dok su  $n$ ,  $k_c$  i  $k_\phi$  već spomenute karakteristike zemljišta. Otpor kretanja usled deformacije pneumatika iznosi

$$F_{k0}'' = \frac{f}{l_1} Q_d, \quad (30)$$

gde je  $Q_d$  opterećenje pneumatika,  $f$  linearna deformacija pneumatika pod opterećenjem  $Q_d$ , a  $l_1$  dužina kontaktne površine između opterećenog pneumatika i čvrste podloge. Ukupni je otpor deformacija

$$F_{k0} = F_{k0}' + F_{k0}''. \quad (31)$$

Otpor usled potiskivanja čestica podloge ispred točka iznosi

$$F_{kb} \approx \frac{b_p \sin(\alpha + \varphi)}{2 \sin \alpha \cos \varphi} \left[ 2 z c (N_c - \tan \varphi) \cos^2 \varphi + \gamma z^2 \left( \frac{2 N_\gamma}{\tan \varphi} + 1 \right) \cos^2 \varphi \right], \quad (32)$$

gde su  $N_c$  i  $N_\gamma$  koeficijenti nosivosti zemljišta prema Terzaghiju,  $\varphi$  ugao unutrašnjeg trenja zemljišta,  $b_p$  širina pneumatika,  $\alpha$  ugao nailaženja točka pri dubini traga  $z$ , a  $\gamma$  specifična težina zemljišta.

Otpor usled povlačenja jako raskvašenog zemljišta pojavljuje se kad se sloj takvog zemljišta, sve do žitkog blata, nalazi na tvrdoj podlozi, a iznosi

$$F_{kp} = \frac{1}{2} \varrho v^2 A C_d, \quad (33)$$

gde je  $\varrho$  gustina zemljišta,  $v$  obimna brzina točka,  $A$  okvašena površina točka, a  $C_d$  koeficijent povlačenja zavisen od Reynoldsova broja.

Prema tome, snaga potrebna za savlađivanje otpora kretanja iznosi

$$P_k = (F_{k0} + F_{ks} + F_{kp}) v_s. \quad (34)$$

Snaga za savlađivanje otpora vazduha ( $P_v$ ) iznosi

$$P_v = \varrho_v c A v_s^3, \quad (35)$$

gde je  $\varrho_v$  gustina vazduha,  $c$  koeficijent otpora vazduha,  $A$  površina čeoine projekcije traktora, a  $v_s$  brzina kretanja traktora. Budući da poljoprivredni traktori imaju malu brzinu ( $< 60$  km/h), snaga  $P_v$  može se zanemariti.

Snaga za savlađivanje uspona ( $P_u$ ). Otpor na usponu iznosi

$$F_u = G \sin \alpha, \quad (36)$$

gde je  $G$  težina traktora, a  $\alpha$  ugao uspona, pa je potrebna snaga

$$P_u = F_u v_s. \quad (37)$$

Kad se traktor kreće na nizbrdici, snaga  $P_u$  ima negativan predznak.

Snaga za savlađivanje inercije ( $P_i$ ). Traktor polazi iz stanja mirovanja i ubrzava se do potrebne brzine uz prethodno odabrani i uključeni stepen prenosa, što se bitno razlikuje od pokretanja običnih motornih vozila. Tokom pokretanja traktora moraju se osim translacionih ubrzati i rotacione mase koje

imaju vrlo velike momente inercije. Da bi se analitički obuhvatilo uticaj obrtnih masa, one se redukuju (v. *Mehanika, Dinamika*, TE 8, str. 49) uzimajući u obzir različite brojeve obrta koji zavise od položaja tih masa u sistemu prenosa. Dominantan je uticaj zamajca i točkova.

Korekcija delovanja translacionih masa zbog delovanja rotacionih masa obuhvaćena je faktorom

$$e = 1 + \frac{I_t + I_m i_u^2}{m R_d^2}, \quad (38)$$

pa je otpor usled delovanja inercije

$$F_i = m a = e m a = \left( 1 + \frac{I_t + I_m i_u^2}{m R_d^2} \right) m a, \quad (39)$$

gde je  $m$  masa vozila,  $m'$  korigovana masa vozila,  $I_t$  moment inercije točkova,  $I_m$  moment inercije zamajca,  $i_u$  ukupni prenosni odnos od motora do točkova koji zavisi od ukopčanog stepena prenosa menjača i razvodnog reduktora, a  $R_d$  dinamički poluprečnik. Tokom usporavanja vozila uticaj inercije ima negativan predznak.

Snaga potrebna za savlađivanje otpora na poteznici ( $P_p$ ). Na poteznici deluje radni ili vučni otpor. Uzima se u obzir samo horizontalna komponenta, koja se određuje pomoću dinamometra.

Snaga koja se predaje preko izvodnog vratila ( $P_{iv}$ ). U savremenoj poljoprivredi sve se više upotrebljavaju priključne mašine s aktivnim radnim uređajima. Pogon tih uređaja ostvaruje se preko izvodnog vratila. Podatke o potrebnoj snazi daje proizvođač priključne mašine ili se potrebna snaga utvrđuje merenjem obrtnog momenta i broja obrta.

### Traktorski pogonski uređaji

Prvi traktori imali su za pogon parnu mašinu, ali već posle kratkog vremena prevladao je motor s unutrašnjim sagorevanjem, koji je danas jedina pogonska mašina na traktorima.

Osim kraćeg perioda kada su dominirali oto-motori koji su kao gorivo upotrebljavali petroleum (»gas«), danas su takvi traktori izuzetak.

Jedno od rešenja u prošlosti bili su dvotaktni motori s usijanom glavom, koji su zaslužni za razvoj i prihvatanje traktora u poljoprivredi zahvaljujući svojoj jednostavnosti i sposobnosti da rade u teškim radnim uslovima. Za motor poljoprivrednog traktora karakteristično je da satima, bez prestanka, radi s maksimalnim brojem obrta i s velikim opterećenjem.

Danas su u više od 95% svih traktora ugrađeni dizel-motori. Oni su po svojoj osnovnoj koncepciji jednaki motorima za motorna vozila, ali uz sledeće specifičnosti: *a*) motor ima sverežimni regulator, *b*) motori za traktore imaju manji nominalni broj obrta, *c*) specifična je potrošnja goriva minimalna u najčešćem području opterećenja i *d*) elastičnost motora s obzirom na moment i broj obrta nije bitna karakteristika motora za traktore.

Najviše su zastupljeni četvorotaktni motori sa prirodnim punjenjem, ali su u poslednje vreme sve češći motori sa punjenjem pod pritiskom (motori sa kompresorom). Samo je nekoliko proizvođača u svetu pokušalo četvorotaktnom supstituirati dvotaktni motor, ali bez većeg komercijalnog uspeha.

Pre su dominirali traktorski dizel-motori sa direktnim ubrizgavanjem i motori sa pretkomorom. Danas motori sa specifičnim direktnim ubrizgavanjem (postupak »M«) sve više smenjuju druge vrste dizel-motora zbog svojih izrazitih prednosti. Oni, naime, rade mnogo mekše i sa manje šuma, imaju manje pritiske u pumpi visokog pritiska, nisu osetljivi na kvalitet goriva i bolje ga iskorišćavaju.

Hlađenje motora vodom još je uvek dominantno, iako vazduhom hlađeni motori imaju neke prednosti. Prednosti su vazdušnog hlađenja motora: jednostavnija konstrukcija, veća pouzdanost, manja osetljivost na promenu spoljne temperature, manje habanje cilindara motora i veća mogućnost unifikacije delova. Nedostaci su vazdušnog hlađenja: veći šum, veće termičko naprezanje i otežana homogenizacija temperature cilindarske glave, te manja snaga po cilindru motora.



Mnogi traktori imaju poseban sistem za hlađenje motornog ulja, a traktori velikih snaga i poseban sistem za hlađenje ulja iz prenosnih uređaja.

Najčešće se motori za traktore grade kao linijski motori u bloku, a za traktore većih snaga s rasporedom cilindara u obliku slova V.

**Specifični pokazatelji traktorskih motora** nešto se razlikuju od pokazatelja koji vrede za motore običnih motornih vozila.

**Litarska snaga motora** pokazatelj je efikasnosti iskorišćenja radne zapremine motora i određena je odnosom efektivne snage motora  $P_e$  i radne zapremine cilindara  $V_r$ . Za traktorske motore litarska snaga iznosi

$$p_v = \frac{P_e}{V_r} = 10 \cdots 20 \text{ kW/dm}^3. \quad (40)$$

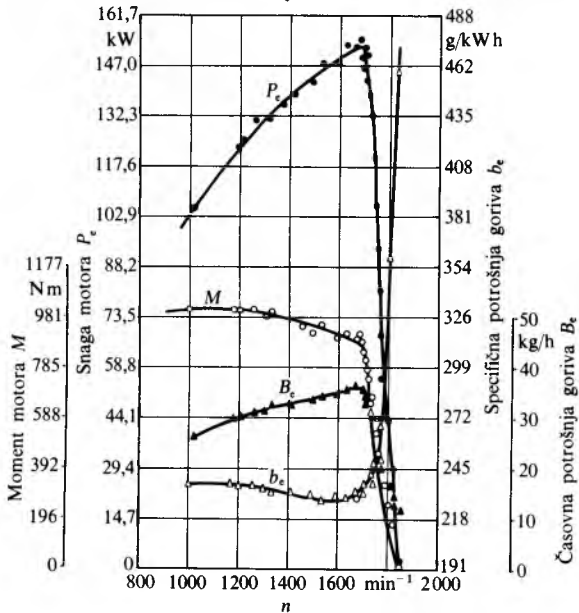
**Nominalni broj obrta motora** obično je između 1500 i 3000  $\text{min}^{-1}$ , a najčešće je 1800  $\text{min}^{-1}$ .

**Specifična masa motora** karakteristika je iskorišćenja mase motora  $M$  koja iznosi

$$m = \frac{M}{P_e} = 4,5 \cdots 9,5 \text{ kg/kW}. \quad (41)$$

**Specifična potrošnja goriva** jednaka je odnosu utroška goriva po satu i jedinici snage. Ona iznosi  $b_e = 220 \cdots 300 \text{ g/kWh}$ .

**Efektivni stepen korisnog dejstva** iznosi  $\eta_e = 0,25 \cdots 0,36$ .



Sl. 8. Zavisnost snage motora ( $P_e$ ), momenta motora ( $M$ ), časovne potrošnje goriva ( $B_e$ ) i specifične potrošnje goriva ( $b_e$ ) od broja obrta motora

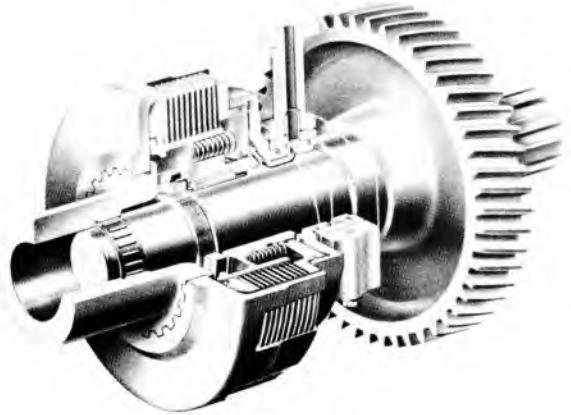
Dijagram na sl. 8 prikazuje zavisnost efektivne snage, momenta, specifične i časovne potrošnje goriva za tipični traktorski motor.

**Spojnica** omogućava rastavljanje pogonskog motora od ostalih agregata u sklopu prenosnog uređaja do, zaključno, od pogonskih točkova. Na poljoprivrednim traktorima najčešće se primenjuju frikcionne, a ponekad i hidraulične spojnice.

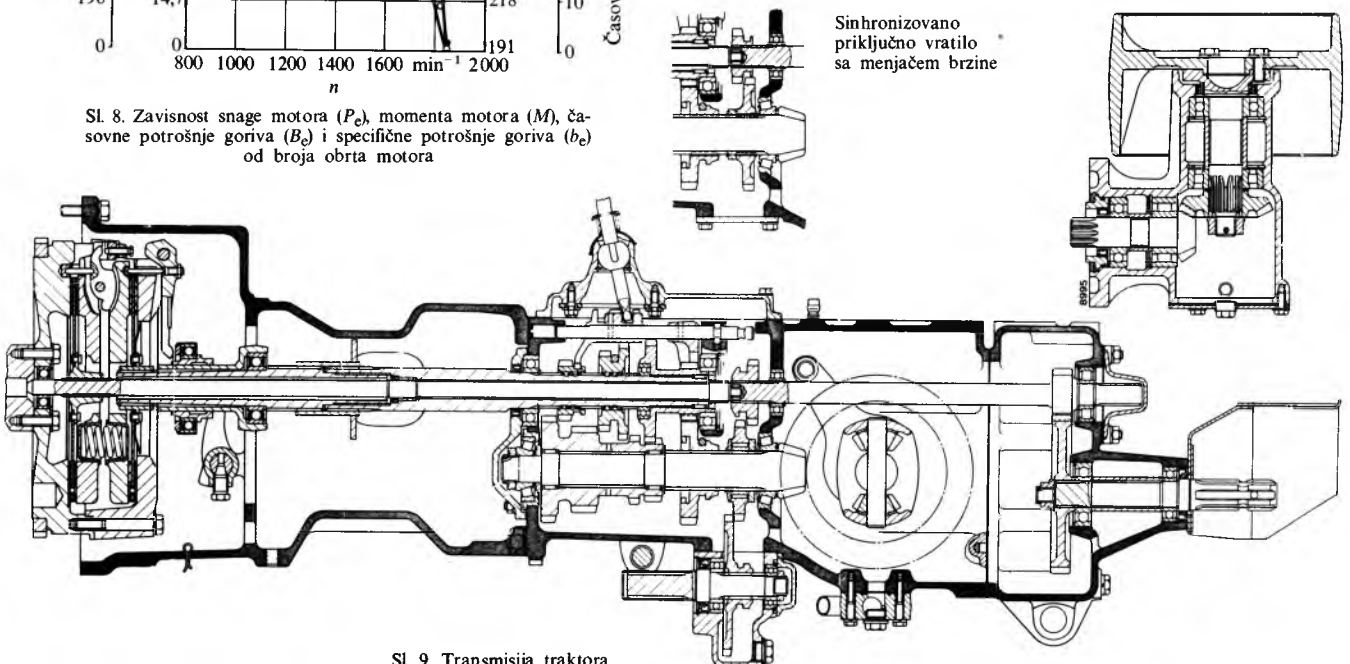
**Frikciona spojnica** (sl. 9) u standardnim traktorima nalazi se između motora i menjača. Traktor guseničar ima frikcionu spojnicu u sklopu mehanizma za upravljanje (sl. 10). Frikciona lamelasta spojnica, kao standardno konstruktivno rešenje, može da prenese moment

$$M = F_a \mu R_m n, \quad (42)$$

gde je  $F_a$  aksijalna sila kojom se pritiska na lamelu,  $\mu$  koeficijent trenja mirovanja,  $R_m$  srednji poluprečnik delovanja sila, a  $n$  broj aktivnih površina lamele. Koeficijent trenja mirovanja za standardne frikcionne materijale na lamelama iznosi  $\mu_s = 0,2 \cdots 0,3$  za suvi tip spojnice, a  $\mu_m = 0,07 \cdots 0,1$  za mokri tip spojnice. Dozvoljeni je specifični površinski pritisak za materijal obloge lamele  $p_d = 15 \cdots 20 \text{ N/cm}^2$  za standardnu azbestnu oblogu, a  $p_d = 20 \cdots 30 \text{ N/cm}^2$  za sinterkeramički materijal na lameli. Lamele sa sinterkeramičkim frikcionim materijalom upotrebljavaju se za spojnice koje rade u teškim uslovima, uglavnom za bočne spojnice guseničara.



Sl. 10. Frikciona spojnica u sistemu za upravljanje guseničarom



Sl. 9. Transmisija traktora

Stepen sigurnosti spojnice je odnos između statičke vrednosti maksimalnog momenta  $M_s$  koji spojnica može da prenese u zatvorenom stanju i maksimalnog momenta motora  $M_{m \max}$ , odnosno produkta maksimalnog momenta motora i ukupnog prenosnog odnosa  $i_{uk}$  ako je motor preko prenosnog uređaja spojen sa spojnicom. Stepen je sigurnosti spojnice

$$\beta = \frac{M_s}{M_{m \max}}, \text{ odnosno } \beta = \frac{M_s}{M_{m \max} i_{uk}}, \quad (43)$$

i on za traktorske spojnice treba da ima vrednost  $\beta = 2 \dots 3$ .

Neki traktori imaju frikционе dvofazne spojnice koje imaju dve funkcije, i to funkciju rastavljanja veze između motora i točkova u prvoj fazi i funkciju rastavljanja veza između motora i izvodnog vratila u drugoj fazi delovanja preko pedala spojnice (sl. 9). Fazno je rastavljanje veza potrebno da se najpre zaustavi kretanje traktora, a tek posle toga i rad priključne mašine. To je važno kad se pojave gušenja u radu i kad traktor kreće zajedno sa priključnom mašinom.

**Hidraulična spojnica.** Hidraulične se spojnice ugrađuju u snažnije poljoprivredne traktore, jer poboljšavaju vučne karakteristike traktora, efikasno izoluju motor od oscilacija visoke frekvencije pobuđenih radom priključenih mašina i snižavaju amplitude niskofrekventnih oscilacija.

na menjač; dosta je da se motor dovede na dovoljno mali broj obrta i da se pritisne kočnica.

Između motora i hidraulične spojnice ugrađuje se frikciona spojnica da bi se stvorili povoljniji uslovi prilikom promene stepena prenosa i da bi se, kad je to potrebno, što brže prekinula veza između motora i točkova.

**Menjač.** Pomoću menjača transformišu se moment i broj obrta motora na moment i broj obrta na izlaznom vratilu menjača. Tako se postižu potrebne sile na obimu pogonskih točkova i potrebne brzine kretanja traktora koje zavise od radnih operacija (tabl. 6 i 7) koje treba da obave priključne mašine u sprezi s traktorom.

Prenos snage uz promenu momenta i broja obrta, ali uz zanemarenje gubitaka u prenosnim uređajima, odvija se prema sledećim zakonitostima:

$$M_m n_m = M_t n_t, \quad (44)$$

$$M_t = i_{mx} i_{zm} M_m, \quad (45)$$

$$n_t = \frac{1}{i_{mx} i_{zm}} n_m, \quad (46)$$

gde je  $M_m$  moment motora,  $n_m$  broj obrta motora uz mo-

Tablica 6  
POTREBNA SNAGA ZA POJEDINE OPERACIJE

| Operacija                 | Merna jedinica              | Potrebna snaga traktora                                                                                                                                          |
|---------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           |                             | <div> <div>normalni uslovi</div> <div>0 20 40 60 80 100 120 140 kW</div> <div>oštežani uslovi</div> <div>20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 kW</div> </div> |
| <i>Osnovna obrada</i>     |                             |                                                                                                                                                                  |
| Oranje                    | zahvat (m)                  | 0,6 0,9 1,3 1,75 2,1 2,45 2,8 m                                                                                                                                  |
| Kultivacija               | zahvat (m)                  | 1,5 2 2,5 3 3,5 m                                                                                                                                                |
| Predsetvena priprema      | zahvat (m)                  | 2 3 4 5 6 7 8 m                                                                                                                                                  |
| Sitnjenje                 | zahvat (m)                  | 1,5 2 2,5 3 3,5 4 m                                                                                                                                              |
| <i>Transport/dubrenje</i> |                             |                                                                                                                                                                  |
| Prikolica-kiper           | nosivost (t)                | 4 6 8 10 12 t                                                                                                                                                    |
| Rasipač veštačkog đubriva | nosivost (t)                | 2 4 6 t                                                                                                                                                          |
| Rasipač stajnjaka         | nosivost (t)                | 3 5 t                                                                                                                                                            |
| Rasipač osoke             | zapremina (m <sup>3</sup> ) | 4 6 8 m <sup>3</sup>                                                                                                                                             |
| <i>Žita</i>               |                             |                                                                                                                                                                  |
| Sejalica                  | redova                      | 2 3 4 5 6                                                                                                                                                        |
| Presa za velike bale      | kapacitet (t/h)             | 7 8 t/h                                                                                                                                                          |
| <i>Kukuruz</i>            |                             |                                                                                                                                                                  |
| Sejalica                  | redova                      | 4 6 8                                                                                                                                                            |
| Silokombajn, nošeni       | kapacitet (t/h)             | 5 10 15 15 20 t/h                                                                                                                                                |
| dvoredni vučeni           | kapacitet (t/h)             | 2 2,5 t/h                                                                                                                                                        |
| <i>Krompir, repa</i>      |                             |                                                                                                                                                                  |
| Sadilica za krompir       | redova                      | 2 4 6                                                                                                                                                            |
| Vadilica + bunker         | redova                      | 2 4                                                                                                                                                              |
| Sejalica                  | redova                      | 5 7 9 12 14                                                                                                                                                      |

Klizanje u području radnih brojeva obrta nije veće od 2 do 3%, pa se postiže stepen korisnog dejstva spojnice od 0,97...0,98. S opadanjem broja obrta motora povećava se klizanje i uz neki dovoljno mali broj obrta dostiže vrednost od 100%. Tada je stepen korisnog dejstva spojnice jednak nuli. Ta osobina hidraulične spojnice sprečava gušenje motora pri kretanju traktora i pri preopterećenju, dok na podlozi s manjom adhezijom mogu da se ostvare veće sile pogona. Traktor sa hidrauličnom spojnicom može da se zaustavi bez delovanja

moment  $M_m$ ,  $M_t$  moment na pogonskim točkovima,  $n_t$  broj obrta pogonskih točkova,  $i_{mx}$  prenosni odnos u menjaču, a  $i_{zm}$  prenosni odnos u pogonskom mostu.

Traktori imaju menjače najčešće sa diskontinuiranom, a retko sa kontinuiranom promenom prenosnog odnosa. Menjači sa kontinuiranom promenom izvedu se kao električni, hidrostatski, hidrodinamički i mehanički menjači, dok se za diskontinuiranu promenu prenosnog odnosa ugrađuju mehanički menjači sa promenljivim spregama grupa zupčanika.

Tablica 7  
RADNE BRZINE OBRADNIH POSTUPAKA

| Obradni postupak          | Radna brzina<br>km/h | Broj<br>obrti * |
|---------------------------|----------------------|-----------------|
| <i>Osnovna obrada</i>     |                      |                 |
| oranje                    | 4...9                | A               |
| ljuštenje                 | 5...10               | A               |
| drljanje                  | 2...8                | A               |
| priprema zemljišta        | 6...12               | A               |
| sitnjenje                 | 3...7                | A, B            |
| <i>Đubrenje</i>           |                      |                 |
| stajnjakom                | 3...8                | C               |
| veštačkim đubrivom        | 5...10               | C               |
| <i>Setva</i>              | 5...12               | B               |
| <i>Sadenje</i>            | 1...6                | B               |
| <i>Nega</i>               |                      |                 |
| drljanje krmiva           | 5...10               | B               |
| valjanje krmiva           | 3...6                | B               |
| kultivacija žita          | 4...8                | B               |
| međuredna obrada krompira | 4...8                | B               |
| zagrtanje krompira        | 4...8                | B               |
| plevljenje krompira       | 4...8                | B               |
| proređivanje repe         | 1...4                | B               |
| međuredna obrada repe     | 3...8                | B               |
| <i>Žetva</i>              |                      |                 |
| kosidba krmiva            | 5...12               | C               |
| prevrtanje krmiva         | 5...10               | C               |
| sakupljanje krmiva        | 5...10               | C               |
| utovar krmiva             | 3...12               | C               |
| kombajniranje žita        | 3...8                | C               |
| <i>Transport</i>          |                      |                 |
| javnim puteim             | 12...30              | C               |
| zemljanim putem           | 8...15               | C               |
| oranicom                  | 4...8                | C               |
| obraslom njivom           | 6...12               | C               |
| livadom                   | 5...10               | C               |
| <i>Izdubivanje</i>        |                      |                 |
| u štali                   | 1...2                | C               |
| izvan štale               | 2...5                | C               |

\* A maksimalan broj obrta motora, B umanjeni broj obrta motora, C broj obrta izvodnog vratila traktora.

Menjači sa diskontinuiranom promenom prenosnih odnosa (sl. 11). Tokom razvoja traktora menjao se broj stepena prenosa u menjaču. Prvi traktori sa motorima s unutrašnjim sagorevanjem imali su tri stepena za kretanje unapred, a jedan stepen za kretanje unazad. Savremeni traktori, a posebno univerzalni traktori imaju 12, 16 pa i više od 20 stepena prenosa za kretanje unapred, te 2, 4 pa i više od 8 stepena za kretanje unazad. Prema ostvarivanju stepena prenosa razlikuju se sledeći tipovi menjača: a) konvencionalni menjači, b) menjači sa predreduktorom kojim se umnožava broj stepena prenosa osnovnog menjača za toliko puta koliki je broj stepena predreduktora, c) menjači s pojačalom momenta i d) dijapazoni menjači. Druga raspodela menjača zasniva se na mogućnosti promene prenosa zavisno od stanja traktora. Tako postoje menjači kojima se može menjati stepen prenosa samo kad traktor stoji i kad menjač nije opterećen, te menjači kojima se može menjati stepen prenosa i za vreme vožnje traktora i kad je menjač opterećen. Pored toga, menjači se razlikuju prema načinu promene prenosnog odnosa, i to: a) menjači kojima se menja prenosni odnos pomeranjem grupa zupčanika i b) menjači sa frikcionim spojnicama u kojima su parovi zupčanika u stalnoj sprezi.

Pored osnovnih stepena prenosa, savremeni traktori često imaju i korektorne prenosne stepene kojima se poboljšava proizvodnost i ekonomičnost rada. Primer su za to dijapazoni menjači. Korekturni stepeni prenosa zadržavaju oznaku osnovnog prenosnog stepena uz prefiks *brzi*, odnosno *spori*. To se postiže sprežanjem dodatnih parova zupčanika za vreme vožnje i pod opterećenjem.

U nekim menjačima postoje planetarni sistemi zupčanika da bi se ostvarili potrebni prenosni odnosi u predreduktoru.

Pojedine fabrike traktora razvile su specijalne menjače koji su poznati po komercijalnim nazivima kao npr. Dual range, Power-shift, Synchro-range, Multipower, Synchrolast i dr.

Menjači sa kontinuiranom promenom prenosnih odnosa. U sadašnjoj fazi razvoja traktora primenjuju se hidrostatski pretvarači momenta, ali još uvek samo za pogon prednjih točkova onih traktora koji imaju pogon preko svih točkova. Hidrodinamički pretvarači i elektromotorni pogoni na principu automnog snabdevanja električnom energijom (motor s unutrašnjim sagorevanjem—električni generator—električni motor) primenjuju se samo za industrijske traktore. Za poljoprivredne traktore takvi sistemi pretvarača nemaju značenja.

Razvodni reduktor (sl. 12) ima zadatak da na traktoru s pogonom preko svih točkova raspodeli moment na pogonske točkove na zadnjem pogonskom mostu i, prema potrebi, na pogonske točkove na prednjem, najčešće upravljačkom mostu. Konstrukcija razvodnog reduktora mora biti takva da se raspodelom momenata na pogonske mostove omogući bolja vuča i prohodnost traktora, a da se onemogući cirkulacija snage u prenosnom uređaju. Cirkulacija se snage pojavljuje kad traktor sa pogonom na sva četiri točka naiđe, obično prednjim točkovima, na zemljište slabih adhezionih svojstava, pa nastane jako klizanje točkova. Tada se snaga, zbog pojave negativne sile na prednjim točkovima (parazitska snaga), preko prenosnog uređaja i tela traktora prenosi na točkove zadnjeg mosta. Ta je pojava štetna jer dodatno opterećuje prenosne uređaje i povećava gubitke. Cirkulacija snage naročito se pojavljuje kad razvodni reduktori imaju ugrađen diferencijalni mehanizam. Zbog toga se u savremenim traktorima odustaje od takvih konstrukcija.

Kardanski prenos služi za prenos obrtnog momenta između dvaju međusobno udaljenih pogonskih agregata traktora obezbeđujući istovremeno sinhronost ugaonih brzina na ulazu u kardanski prenos i na izlazu iz njega. Kardanski prenos sastoji se od kardanskih vratila i kardanskih zglobova (sl. 13).

Delovanje kardanskog zgloba kad vratila zatvaraju ugao  $\gamma$  određeno je izrazom

$$\tan \alpha = \tan \beta \cos \gamma, \quad (47)$$

gde je  $\alpha$  ugao zaokreta vratila A, a  $\beta$  ugao zaokreta vratila B. I pored jednakih brojeva obrta, takvim se kardanskim prenosom ne bi postigla jednakost ugaonih brzina vratila A i B. Tek postavljanjem još jednog kardanskog zgloba koji povezuje vratila B i C (sl. 13) postigla bi se jednakost ugaonih brzina, uz uslov da viljuške na krajevima vratila B budu u istoj ravni i da uglovi  $\gamma_1$  i  $\gamma_2$  budu jednaki. To se može zaključiti iz relacija koje vode za vratila A i B, odnosno za vratila C i B:

$$\tan \alpha = \tan \beta_B \cos \gamma_1, \quad (48)$$

$$\tan \beta_C = \tan \beta_B \cos \gamma_2. \quad (49)$$

Iz tih relacija za  $\gamma_1 = \gamma_2$  dobiva se da je

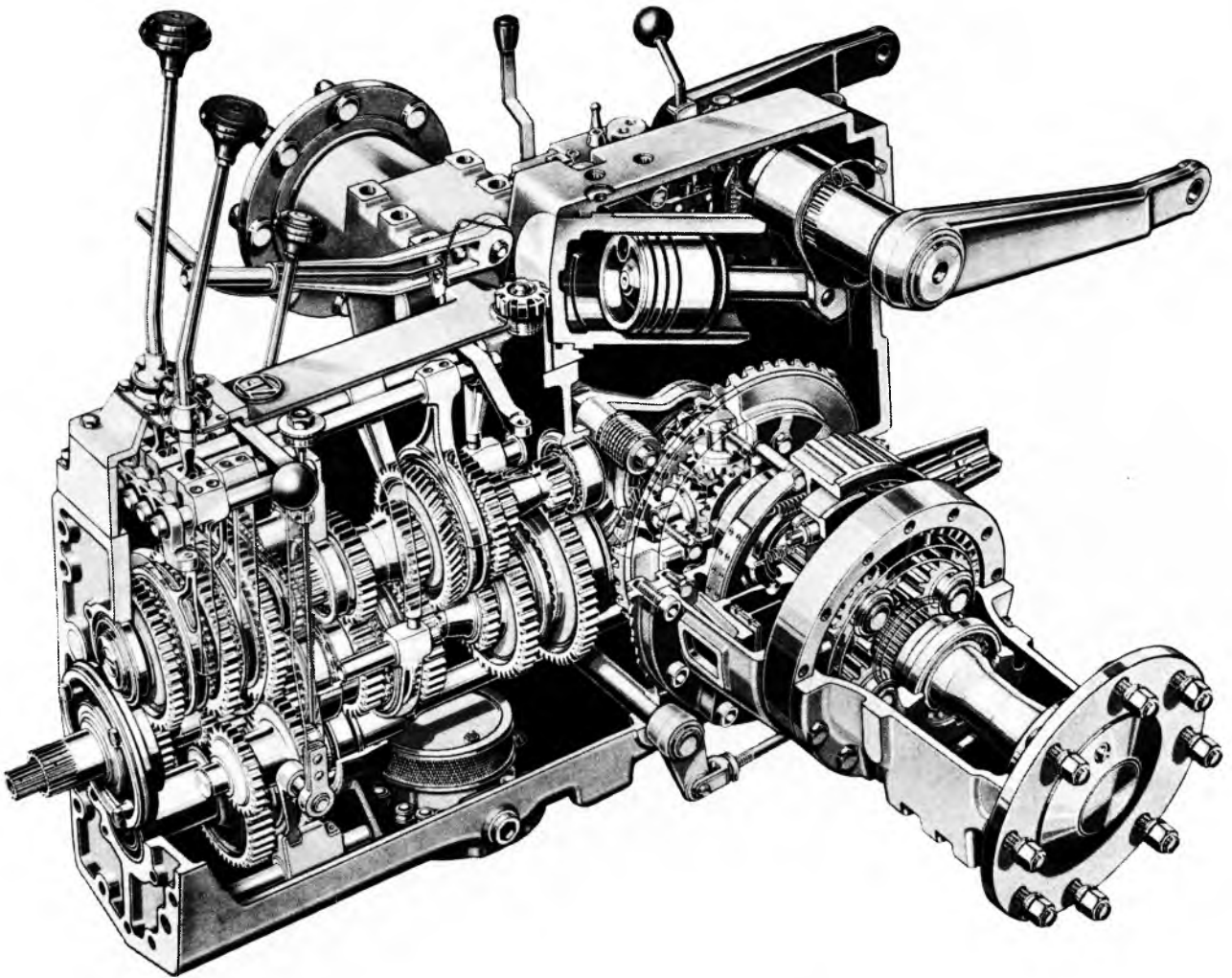
$$\tan \alpha = \tan \beta_C, \quad (50)$$

što znači da je postignuta jednakost ugaonih brzina (v. *Mehanizmi*, TE 8, str. 332).

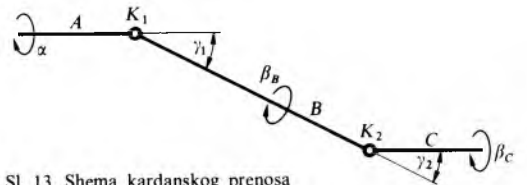
Jednakost ugaonih brzina postiže se upotrebom homokinetičkih kardanskih zglobova (sl. 14). To je zglob koji ima funkciju dvaju zglobova. Homokinetički zglobovi postavljaju se na upravljačke točkove koji su istovremeno i pogonski točkovi.

Diferencijal (sl. 15) omogućava prenos momenta motora na pogonske točkove i kad se točak na jednoj strani okreće sa različitim brojem obrta od točka na drugoj strani traktora. To nastaje kad se traktor kreće u krivini, kad se točkovi različito klizu ili iz bilo kojeg razloga nemaju iste dinamičke poluprečnike kotrljanja, te kad zbog reljefa zemljišta nastaje razlika u stvarno pređenim putevima točkova. Kad su brojevi obrta levog i desnog točka jednaki, sateliti diferencijala deluju kao klinovi među zupčanicima poluosovina, a čitav se sistem ponaša kao da su poluosovine među sobom kruto spojene, tj. kao da diferencijala nema. Ako ne postoji jednakost brojeva obrta, sateliti prestaju da se ponašaju kao klinovi, pa počinju da se

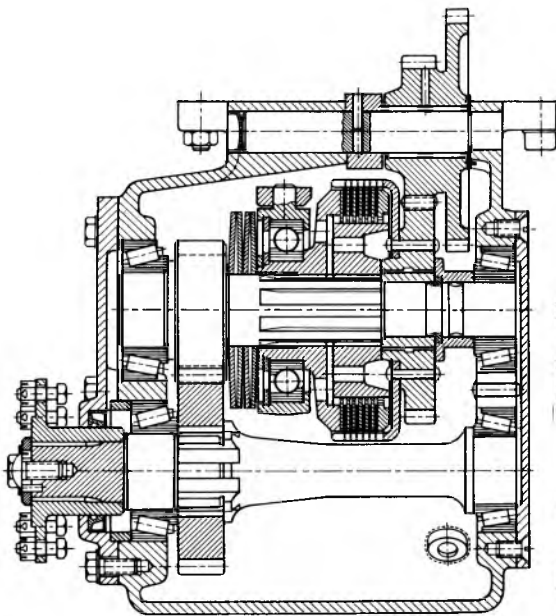




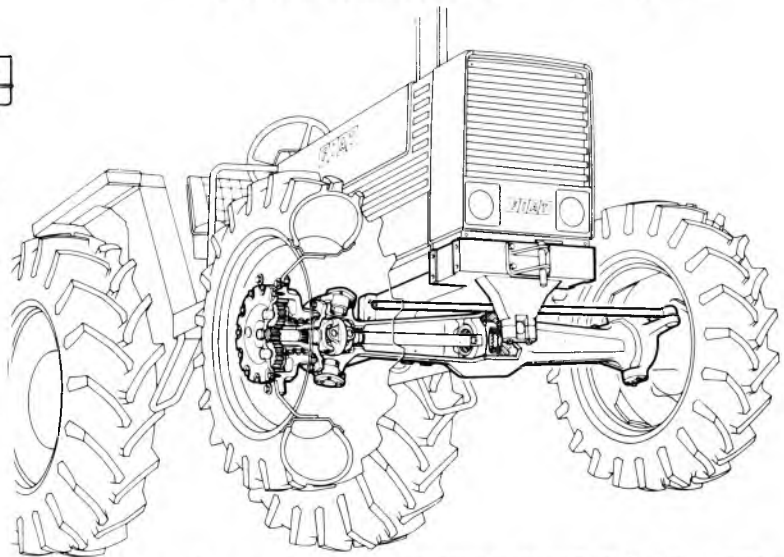
Sl. 11. Mehanički traktorski menjač sa 12 stepena prenosa za kretanje unapred i 6 stepena prenosa za kretanje unazad te frikcionom dvofaznom spojnicom



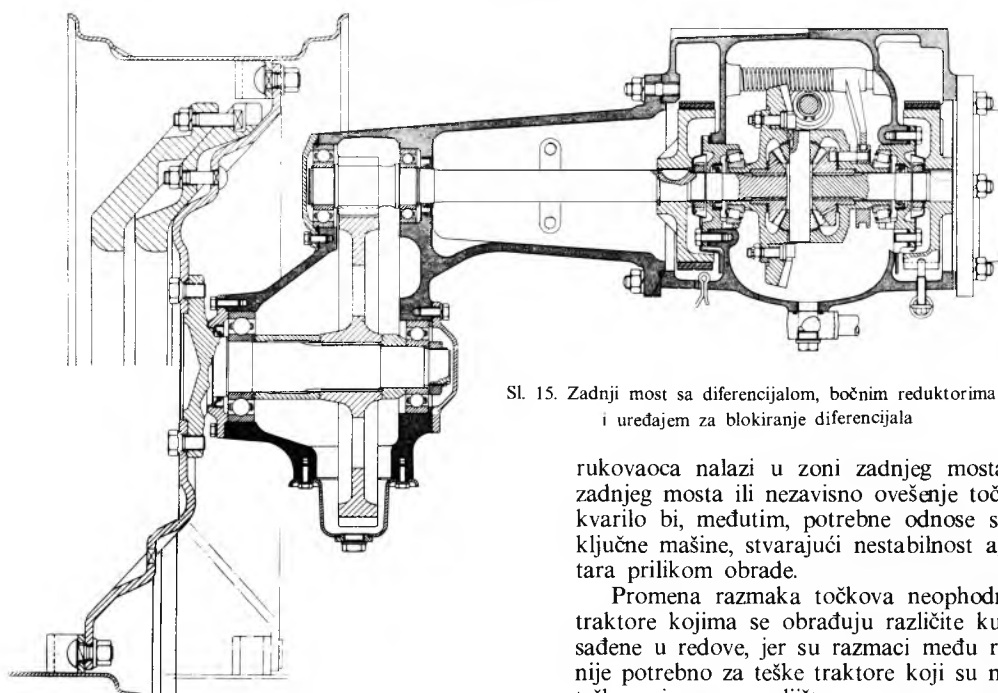
Sl. 13. Shema kardanskog prenosa



Sl. 12. Razvodni reduktor



Sl. 14. Prednji pogonski most traktora sa homokinetskim kardanskim zglobovima i planetarnim reduktorima



Sl. 15. Zadnji most sa diferencijalom, bočnim reduktorima i uređajem za blokiranje diferencijala

okreću oko svojih osa i uzrokuju različite brojeve obrta dvaju točkova uz istovremeni prenos momenta i na jednu i na drugu poluosovinu. Delovanje diferencijala može se prikazati izrazima:

$$M_{lt} = M_{dt} = \frac{M}{2}, \quad (51)$$

$$n_{lt} + n_{dt} = 2n, \quad (52)$$

gde je  $M_{lt}$  moment koji se prenosi na levi točak,  $M_{dt}$  moment koji se prenosi na desni točak,  $M$  moment na kućištu diferencijala,  $n_{lt}$  broj obrta levog točka,  $n_{dt}$  broj obrta desnog točka, a  $n$  broj obrta kućišta diferencijala. Istovremeno postoje i sledeće zavisnosti:

$$n_{lt} = n \pm \Delta n, \quad (53a)$$

$$n_{dt} = n \mp \Delta n. \quad (53b)$$

Snaga  $P$  koja se prenosi na točkove proporcionalna je broju obrta na točkovima, jer za obrtno kretanje vredi da je

$$P = \frac{\pi}{30} M n = M \omega, \quad (54)$$

gde je  $\omega$  ugaona brzina.

Na poljoprivrednim traktorima postoje uređaji za blokiranje diferencijala. Oni, uz pomoć kandžaste spojke, sprežu poluosovinu i kućište diferencijala parališući dejstvo diferencijala. Tada pogon točkova deluje kao da traktor ima pogon preko krutog vratila koje na kraju ima točkove. Diferencijal se često blokira za vreme oranja kad se jedan od točkova traktora kreće u brazdi. Tako se bolje prenosi sila sa točkova na podlogu i smanjuje klizanje kritičnog točka.

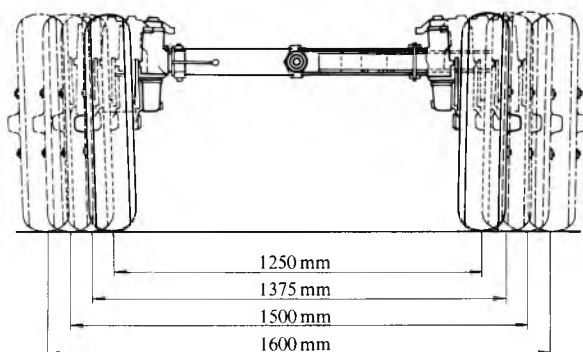
Pored blokiranja diferencijala uz pomoć kandžaste spojke, postoje i tzv. *samoblokirajući diferencijali*. Kad se pojavi razlika u broju obrta levog i desnog pogonskog točka, poraste moment trenja na delu mehanizma diferencijala onog točka koji više klizi. Tada se za jednaku vrednost povećava moment koji se prenosi na drugi točak, povećava se njegova sila vuče i tako se stvaraju uslovi da se smanji klizanje točka.

**Mostovi poljoprivrednih traktora** su uglavnom kruti. Izuzetak čine traktori s brzinom kretanja većom od ograničene brzine za standardne traktore.

Ovešanje zadnjeg mosta i nezavisno ovešanje točkova prednjeg mosta samo bi donekle popravilo vozna svojstva i ergonomske kvalitete konvencionalnog traktora kojemu se sedište

rukovaoca nalazi u zoni zadnjeg mosta. Elastično ovešanje zadnjeg mosta ili nezavisno ovešanje točkova prednjeg mosta kvarilo bi, međutim, potrebne odnose sprege traktora i priključne mašine, stvarajući nestabilnost agrotehničkih parametara prilikom obrade.

Promena razmaka točkova neophodna je za univerzalne traktore kojima se obrađuju različite kulture što su sejanje i sadnja u redove, jer su razmaci među redovima različiti. To nije potrebno za teške traktore koji su namenjeni za oranje i tešku pripremu zemljišta.



Sl. 16. Jedna od konstrukcija za promenu razmaka prednjih točkova

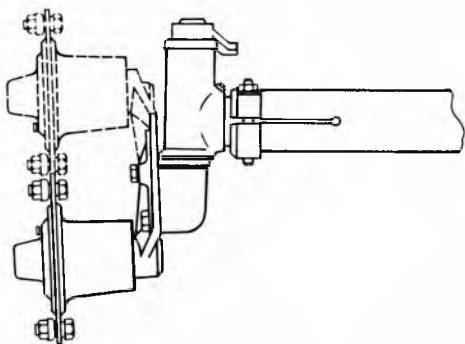
Promena razmaka točkova može se ostvariti otpuštanjem, pomeranjem u vodiči i fiksiranjem točka u novom položaju (sl. 16), ili promenom veze točka sa glavčinom i promenom veze naplatka sa diskom točka, tako da se može ostvariti čak i 8 različitih razmaka točkova. Razmaci točkova tako su odabrani da odgovaraju agrotehničkim razmacima među redovima biljaka pojedinih kultura (tabl. 8).

Tablica 8  
KARAKTERISTIČNI RAZMACI

| Kultura      | Razmak točkova<br>cm | Razmak redova<br>cm | Oznaka za maks. dozvoljenu<br>širinu pneumatika |
|--------------|----------------------|---------------------|-------------------------------------------------|
| Šećerna repa | 125                  | 42                  | 8,3/8...9,5/9                                   |
|              | 136                  | 45                  | 9,5/9...11,2/10                                 |
|              | 150                  | 50                  | 11,2/10...12,4/11                               |
| Krompir      | 125                  | 62,5                | 8,3/8...9,5/9                                   |
|              | 136                  | 68                  | 9,5/9...11,2/10                                 |
|              | 150                  | 75                  | 11,2/10...12,4/11                               |
| Kukuruz      | 150                  | 70...75             | do 18,4/15                                      |

**Promena prosveta** (klirensa) neophodna je kod traktora namenjenih međurednoj obradi kultura u različitim fazama rasta. Najčešće se promena prosveta ostvaruje ekscentričnim položajem osa rukavca točka i ose mosta (sl. 17). Za zadnje točkove primenjuju se posebne konstrukcije bočnih reduktora i podeljena kućišta reduktora. Za pojedine točkove, pored mo-

gućnosti zaokretanja ekscentrično postavljenog rukavca za 180°, primenjuje se i sistem sa pomeranjem po visini u vodiči, u sklopu koje se nalazi osovinica rukavca prednjeg upravljačkog točka.



Sl. 17. Jedna od konstrukcija za promenu prosveta prednjih točkova

**Točak traktora** sastoji se od tela (diska) točka, naplatka i pneumatika.

*Telo točka traktora* metalni je disk vezan sa glavčinom točka pomoću vijaka. Na svom obimu disk ima navaren ili, vrlo retko, vijcima pričvršćen naplatak sa kojim čini celinu.

*Naplatak* je posteljica u koju se smešta pneumatik. Traktorski su naplatci najčešće široko olučastog tipa, a njihove dimenzije definisane su širinom i narednim prečnikom naplatka. Još se uvek dimenzije označuju u colima, a oznaka W znači da se radi o široko olučastom naplatku. Tako npr. oznaka naplatka W 10×24 znači da se radi o široko olučastom naplatku širine 10" i narednog prečnika od 24".

**Pneumatik** se upotrebljava skoro na svim savremenim traktorima. Uslovi rada traktorskih pneumatika karakteristični su po tome što se preko njih ostvaruju velike sile vuče i što su sposobni da izdrže udare pri kretanju po neravnom zemljištu. Pritisak je vazduha u pneumaticima 0,1 MPa, pa i niži. Pri kretanju pneumatika razvija se mala količina toplote.

Broj slojeva platna (PR-broj), označen na boku pneumatika, nekada je predstavljao stvarni broj slojeva platna u karkasu (fr. *carcasse* kostur) pneumatika. Danas PR-broj označava nosivost pneumatika. Koliki je stvarni broj slojeva platna u karkasu, zavisi od materijala i kvaliteta vlakana platna u karkasu. Za platna karkasa pneumatika upotrebljavaju se pamuk, polimerni materijali i čelični kord.

*Karkas pneumatika* noseći je platneni kostur pneumatika. Kad su niti platna postavljene pod uglom (obično 30°–40°) prema meridionalnoj ravni pneumatika, takav se pneumatik naziva *dijagonalnim pneumaticom* (sl. 18), a kad su niti platna postavljene pod uglom od 90°, pneumatik se naziva *radijalnim pneumaticom* (sl. 19).

Efikasnost prenosa sila sa točka na podlogu ovisi i od veličine kontaktne površine između točka i podloge. Razvojem



Sl. 18. Dijagonalni traktorski pneumatik.



Sl. 19. Radijalni traktorski pneumatik. 1 radijalne niti platna, 2 pojasna platna, 3 rebra

pojasnih pneumatika omogućeno je povećanje širine pneumatika. Radijalni pneumatici treba da imaju pojasna platna, jer radijalno postavljene niti platna ne mogu da prenesu tangencijalne sile. Upotrebom savremenih dijagonalnih pneumatika bez pojasnih platna sa smanjenim zenitnim uglovima znatno se povećavaju kontaktne površine, povećava se sposobnost samočišćenja i omogućava se dalje sniženje pritiska u pneumaticu.

Gazeći sloj pneumatika u neposrednom je dodiru sa podlogom, po kojoj se kotrlja točak. Na gazećem sloju nalaze se rebra, kojima se poboljšava efekat vuče i obezbeđuje održavanje pravca kretanja. Za normalne uslove rada traktora primenjuju se smaknuto-strelasto postavljena rebra sa otvorenim centrom. Na jako raskvašenim zemljištima bolji efekat vuče ostvaruje se rebrima povećane visine. Zakrivljenjem rebara postiže se veći efekat vuče u zoni ramena pneumatika, tj. u zoni prelaza sa gazećeg sloja na bok pneumatika.

Dimenzije pneumatika još uvek se označavaju u colima. Prva cifra označava širinu pneumatika, a druga nominalni prečnik naplatka. Na boku pneumatika nalaze se kodne oznake tipa pneumatika, po sistemu kodnih oznaka prema The Tire and Rim Association i The Rubber Manufacturers Association.

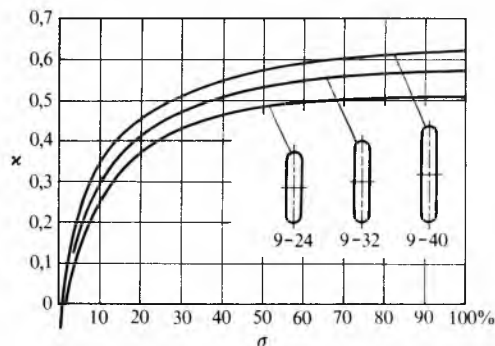
Pneumatici za prednje točkove nose oznaku F, a tip se definiše brojem uz tu oznaku, i to: F-1 za pneumatic priklišan za rad na raskvašenim njivama, F-2 za pneumatic sa jednim grebenom, F-2D za pneumatic sa dva grebena, F-2T za pneumatic sa tri grebena.

Pneumatici za pogonske točkove nose oznaku R, a tip se definiše brojem uz tu oznaku, i to: R-1 za standardni tip pneumatika, R-2 za pneumatic sa visokim rebrima, R-3 za pneumatic sa niskim rebrima, R-4 za pneumatic sa rebrima srednje visine.

Na više pneumatika nalazi se dvojna oznaka za širinu pneumatika npr. 12,4/11-28, što znači da se pneumatic može ugraditi na široko olučasti i usko olučasti naplatak nominalnog prečnika 28". Strelica na boku pneumatika označava orijentaciju za montažu pneumatika. Prema označenom smeru rotacije postiže se najveća efikasnost i trajnost pneumatika.

Pritisak vazduha u pneumaticu za poljoprivredne traktore treba da bude što niži, jer se tako smanjuje sabijanje zemljišta. Minimalni pritisak zavisi od konstrukcije karkasa, vrste opterećenja i od sile koja se sa točka prenosi na zemljište. Pritisak ne sme više da se smanjuje kada se pojave nabori na bokovima pneumatika. Ispravan pritisak vazduha u pneumaticu obezbeđuje dobru vuču, povoljnu deformaciju bokova, dobro iskorišćenje opružnih karakteristika i nosivosti, malo habanje i zagrevanje pneumatika.

Pneumatik veoma utiče na vučne sposobnosti traktora. Isti traktor, na istom zemljištu i u istim uslovima kretanja, ali sa različitim pneumaticima može da ostvari različite vučne sile. Osnovni je pokazatelj za ocenu kvaliteta pneumatika koeficijent vuče  $\kappa$  u zavisnosti od procenta klizanja  $\sigma$  (sl. 20).



Sl. 20. Promena koeficijenta vuče pneumatika  $\kappa$  u zavisnosti od klizanja  $\sigma$  za tri tipa pneumatika (prema Bocku)

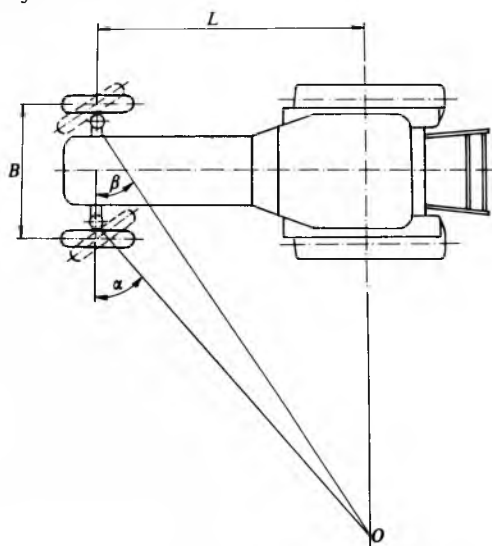
**Sistem za upravljanje.** Na traktorima se primenjuju mnogi od poznatih sistema za upravljanje. Najčešći su Ackermannov (trapezni) sistem, zglobno upravljanje, koje je karakteristično za zglobne traktore, te upravljanje kočenjem točkova sa jedne strane traktora, koje je karakteristično za neke vrste traktora

sa točkovima i jedini je način upravljanja na traktorima guseničarima. Na takvim traktorima upravlja se prikočivanjem i kočenjem gusenica.

Tačno se upravljanje postiže ako je zadovoljena sledeća jednačina

$$\cot \beta - \cot \alpha = \frac{B}{L}, \quad (55)$$

gde je  $\alpha$  ugao zaokreta unutrašnjeg točka,  $\beta$  ugao zaokreta vanjskog točka,  $B$  razmak upravljačkih točkova (približno jednak razmaku centara osovinica rukavaca upravljačkih točkova), a  $L$  razmak osovin traktora (sl. 21). Tu jednačinu zadovoljava zglojni sistem upravljanja. Kad se upotrebi trapezni sistem upravljanja, pojavljuju se manja ili veća odstupanja od pomenute jednačine, već prema tome koliko je uspešna kinematika upravljanja.



Sl. 21. Prikaz kinematske zakonitosti za potpuno tačno upravljanje traktorom

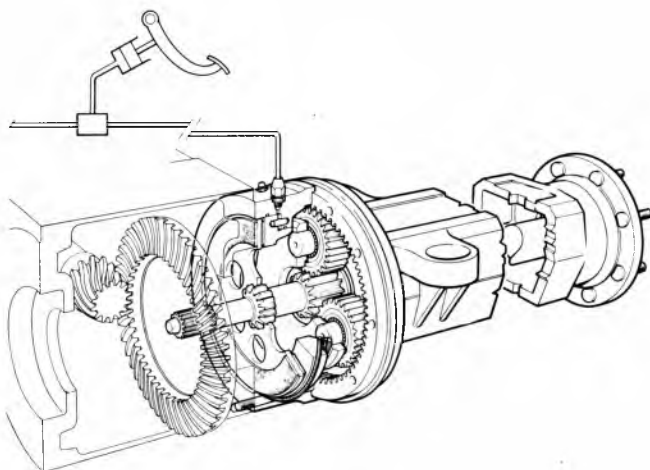
Od upravljačkog mehanizma traktora traži se da bude sposoban za brzo reagovanje i za ostvarivanje potrebnog ugla zaokreta točkova. Zbog toga kinematski prenosni odnos treba da bude dovoljno malen. Uobičajeno je da se maksimalni ugao zaokreta točkova od  $35^\circ$ – $40^\circ$  postiže sa 1,5–3,0 okreta točka upravljača. Ergonomski problemi rešavaju se ugradnjom servouređaja u sistem. Na srednjim i teškim traktorima servouređaji u sklopu upravljačkog sistema spadaju u standardna rešenja. Na mnogim traktorima postiže se smanjenje radijusa zaokreta prikočivanjem točka s unutrašnje strane, gledano prema polu krivine. To zahteva kočni sistem posebno za levi i posebno za desni točak zadnjeg mosta. Zglobni traktori imaju manje poluprečnike zaokreta uz isti ugao zaokreta točkova, i kad im se zglob nalazi na polovini razmaka između osovin, ostvaruju samo dva traga točkova.

Traktor guseničar upravlja se isključivanjem iz pogona gusenice i prikočivanjem do potpunog kočenja gusenice koja se nalazi sa unutrašnje strane krivine. Neke izvedbe sa diferencijalnim sistemom upravljanja samo su iznimke.

**Sistem za kočenje traktora** služi, sem za prikočivanje radi smanjenja brzine kretanja, i za kočenje radi zaustavljanja. Kočni sistem nekih traktora omogućava da se postigne manji poluprečnik zaokreta prikočivanjem ili potpunim ukočivanjem točka na unutrašnjoj strani krivine. Takav sistem ima razdvojeno kočenje po točkovima. Po potrebi razdvojeni sistem može da se spoji u jedinstveni sistem kada traktor služi za transport. Kočnice traktora najčešće su obične kočnice s kočnim dobošima ili diskovima (sl. 22), a samo ponekad i trakaste kočnice.

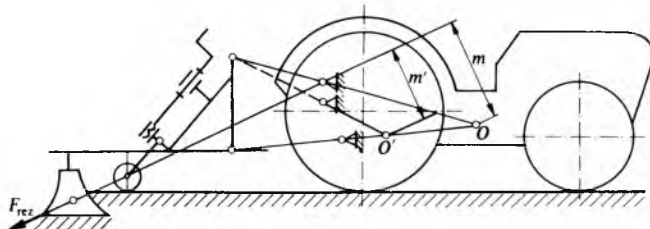
Kočnica se aktivira mehanički ili hidraulički a retko pneumatski. Relativno male brzine kretanja obezbeđuju traktorima poseban tretman u zakonskim normama koje se odnose na bezbednost saobraćaja. Traktori najčešće imaju kočnice samo na

zadnjim točkovima, pa su zakonski normativi srednjeg usporjenja već zbog toga mnogo blaži od onih što važe za obična motorna vozila.

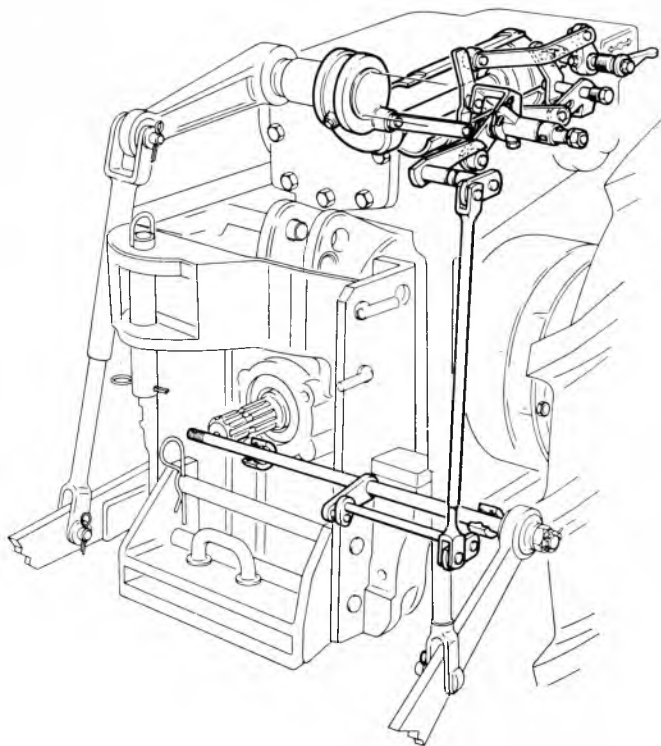


Sl. 22. Bočni reduktor i diskosna kočnica

**Sistemi za sprezanje priključnih mašina.** Postoje tri osnovna sistema sprezanja priključnih mašina sa traktorom: poteznice, sistemi za sprezanje polunošenih mašina i sistemi za sprezanje nošenih mašina. Dok je poteznica u potpunosti mehanički vučni sistem, dotle su ostala dva hidraulično regulisani vučni i podizni sistemi.



Sl. 23. Uticaj uglova poluga na promenu položaja trenutnog pola



Sl. 24. Traktorski podizni uređaj sa senzibilizatorom na donjim polugama i torzionim štapom

*Poteznica* mora da odgovara određenim preporukama i standardima i da omogućava podešavanje priključne mašine da bi se obezbedila linija vuče.

*Hidraulično regulisani vučni i podizni sistemi*, bez obzira da li se radi o sistemu za sprežanje polunošenih ili nošenih priključnih mašina, u svojoj su osnovi jednaki. Opštiji je slučaj hidrauličnog podiznog uređaja za sprežanje nošenih mašina. Savremeni sistemi potiču od patenta H. Fergusona iz 1920. godine. Suština sistema je u tome da se kinematskim četvorouglo, kojim se sprežu mašine sa traktorom u tri tačke, može da iskoristi sila radnog otpora za povećanje opterećenja pogonskih točkova traktora. Moment delovanja sile radnog otpora formira se s obzirom na trenutni pol koji se nalazi u preseku pravca poluga kinematskog sistema (sl. 23). To znači da se promenom uglova postavljanja poluga može ostvariti različit položaj trenutnog pola, pa i različiti efekti opterećenja osovina traktora.

Razvoj hidrauličnog podiznog sistema odvijao se u pravcu uvođenja automatskog regulisanja nekih radnih parametara priključne mašine, praćenja profila zemljišta u procesu obrade, te uvođenja elemenata koji sprečavaju preopterećenje priključne mašine i traktora (sl. 24). U hidrauličnom podiznom uređaju nekih traktora ugrađen je dodatni hidraulični sistem za korekturno opterećenje pogonskih točkova. Opravdanost uvođenja tog sistema zavisi od ekonomskih efekata.

**Klasifikacija kontrola hidrauličnih sistema za sprežanje priključnih mašina.** Postoje tri osnovna načina kontrole hidrauličnih sistema, ali i mogućnosti njihovih modifikacija i kombinovanja.

*Zapreminska kontrola* funkcioniše pomoću komandne ručice. Komandna ručica ima tri položaja, i to dva granična (»napred« i »nazad«) i neutralni položaj. Međuzavisnost između položaja poluga i položaja klipa u cilindru ne postoji. Modifikovana zapreminska kontrola predstavlja poboljšanje osnovne, jer se mehanički ili električki može da prekine dovod ulja za neki unapred utvrđeni položaj, pa se tako ventil dovodi u neutralni položaj. To obezbeđuje položaj poluga koji odgovara potrebnom tehnološkom položaju priključne mašine.

*Kontrola prema položaju* predstavlja korak dalje u usavršavanju kontrole sprege traktora i priključne mašine. Rukovalac može da unapred odredi potreban položaj priključne mašine, a taj će položaj, zatim, kontrolni sistem automatski da održava. Tada se ostvaruje međuzavisnost između položaja komandne ručice i položaja poluga.

*Kontrola vrednošću sile* zasnovana je na reakciji na promenu sile kojom priključna mašina deluje na traktor. Rukovalac može da unapred odredi vrednost sile, pa je tako istovremeno određen položaj poluga za sprežanje traktora i priključne mašine. Ako bi sila postala veća, kontrolni sistem automatski interveniše i smanjuje silu. Tako bi se za vreme oranja smanjivala dubina oranja sve dotle dok se ne bi postigla prethodno određena sila. Kad je sila manja, reagovanje bi išlo u obratnom smeru. To bi za vreme oranja značilo da bi se povećavala dubina oranja sve dotle dok se ne bi dostigla prethodno određena sila.

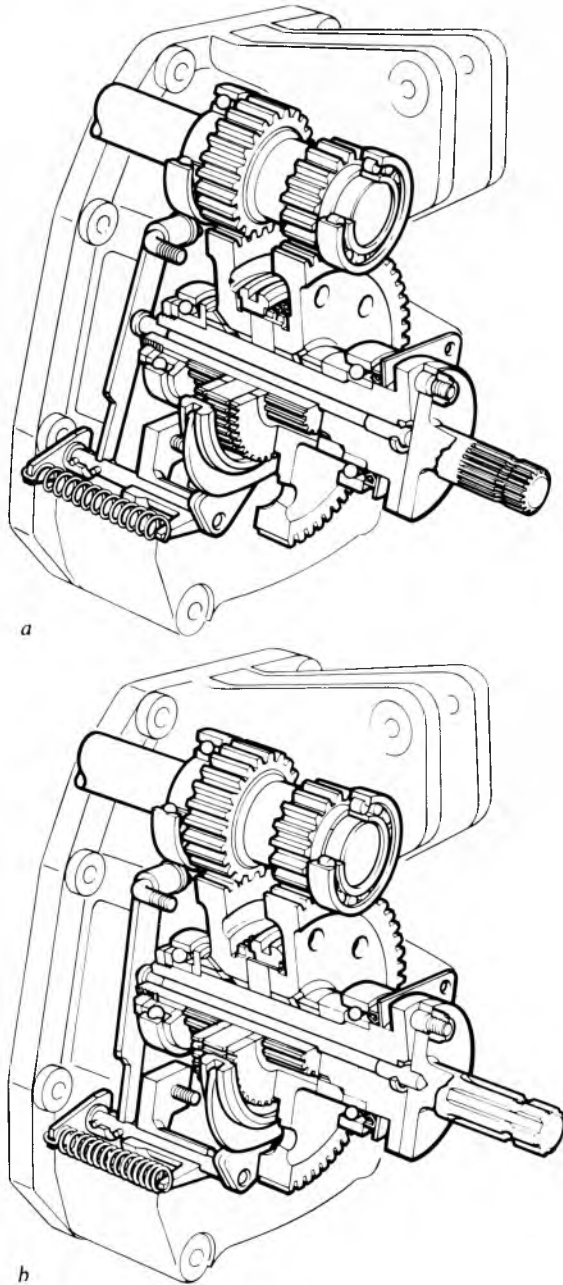
Savremena kontrola najčešće je kombinacija kontrole prema položaju i prema vrednosti sile. Istovremeno savremena kontrola raspolaže tzv. *plivajućim položajem*, kada sistem dozvoljava da se plug prilagođava sam po sebi dubini rada, a intervencija kontrolnog sistema počinje onog trenutka kad se dostigne unapred određena sila ili položaj.

Sistem poluga u kinematskom sistemu predstavlja kompromis kojim se težilo postizanju optimalnih odnosa radnih otpora i njihova uticaja na opterećenje po osovina. Kao rezultat optimiranja stvoreni su nacionalni standardi, koji su, najčešće, usklađeni sa međunarodnim standardima. Pored dimenzija priključnih poluga, standardizovan je njihov oblik i raspored s obzirom na trup i točkove traktora, a takođe i otvori na krajevima poluga gde se sprežu priključne mašine sa traktorom.

Po potrebi može da se podešava ugao između donjih i gornjih poluga, te da se tako utiče na pomeranje trenutnog pola dejstva sile radnog otpora, što omogućava podešavanje, usklađenost linije otpora i linije vuče te sprečava kosu vuču.

**Izvodno vratilo** (sl. 25 i sl. 9) omogućava za vreme kretanja traktora rad priključnih mašina s aktivnim radnim organima i iskorišćavanje snage traktora za pogon stacionarnih mašina. Snaga na izvodnom vratilu traktora srednjih i velikih snaga uglavnom služi za pogon priključnih mašina s aktivnim radnim organima, bilo u nezavisnom, bilo u zavisnom odnosu između puta traktora i delovanja aktivnih organa priključne mašine.

Izvodno vratilo ima standardizovani broj obrta  $540 \text{ min}^{-1}$  ili  $1000 \text{ min}^{-1}$ . Neki traktori imaju izvodno vratilo samo za jednu od tih brzina vrtnje, dok traktori viših klasa imaju izvodno vratilo za oba broja obrta. Prenosni odnos između motora i izvodnog vratila tako je odabran da pri standardnim brojevima obrta izvodnog vratila motor radi s maksimalnim momentom i minimalnom specifičnom potrošnjom goriva. Na izvodnom vratilu standardizovano je ožlebljenje, što omogućuje sprežanje različitih priključnih mašina i traktora.



Sl. 25. Izvodno traktorsko vratilo sa automatskim izborom broja obrta: a za 540, b za  $1000 \text{ min}^{-1}$

Traktori mogu da imaju 1...3 izvodna vratila. Tako izvodno vratilo može da bude na zadnjem mostu orijentisano u podužnom pravcu između prednjih i zadnjih točkova, da se nalazi



bliže zadnjim točkovima i orijentisano bočno, a dosta retko postoji izvodno vratilo na sredini prednjeg dela traktora orijentisano u podužnom pravcu. Sistemski traktori imaju sva tri izvodna vratila, dok standardni traktori najčešće imaju samo zadnje izvodno vratilo. Manji traktori, namenjeni individualnim gazdinstvima, imaju zadnje i bočno izvodno vratilo.

**Oprema traktora** samo se nešto razlikuje od opreme običnih motornih vozila.

**Prečištači vazduha** kombinacija su ciklonskog i vlažnog prečištača, jer se tako postiže veća efikasnost sistema za prečišćavanje. To je posebno neophodno kad više traktora radi u koloni na suvom zemljištu. U kombinovanom prečištaču ciklonski prečištač odvaja veći deo prašine, tako da je mnogo manje opterećen vlažni prečištač koji odstranjuje finije čestice prašine. Radi bolje efikasnosti prečištača treba da se usisni otvor sistema za prečišćavanje vazduha postavi na što veću visinu, jer se stepen zaprašenosti smanjuje sa visinom usisavanja od zemljišta po hiperboličnoj zavisnosti.

**Prečištači goriva** na traktorima jače su dimenzionisani i vrlo se često ugrađuju po dva pa i tri prečištača. Time se obezbeđuje sigurnost prečišćavanja goriva i produžava vreme eksploatacije do regeneracije ili zamene uloška prečištača.

**Prečištači ulja** takođe su jače dimenzionisani s obzirom na uslove rada i verovatan stepen zaprašenosti radne sredine. Pored grubih prečištača sa procepnim uloškom, postoje i fini prečištači. Na nekim traktorima ugrađeni su mehanički centrifugalno-reaktivni prečištači kao pretprečištači u sistemu prečišćavanja ulja. Grubi prečištači i pretprečištači prečišćavaju celokupnu količinu ulja koja protiče kroz sistem, dok fini prečištači prečišćavaju samo 5...10% od ukupne količine ulja.

**Pumpe visokog pritiska** traktorskih dizel-motora mogu pored linijskih da budu i rotacione. Retko se primenjuju pojedinačne pumpe za svaki cilindar, a tada su najčešće objedinjene brizgaljkom. Prednost je rotacione pumpe u jednakosti količina goriva i uslova pod kojima se gorivo doprema do brizgaljke, zatim u manjim gabaritnim merama, manjoj težini i većoj pouzdanosti.

**Regulator broja obrta** na traktorskim motorima održava unapred određeni broj obrta pri promenljivom opterećenju motora u svim režimima rada. Takav regulator odgovara tehnološkim samohodnim mašinama, u koje spada i traktor, jer se od njih traži da održavaju konstantne brzine kretanja nezavisno od promene radnog otpora.

Regulatori su centrifugalni, hidraulični ili pneumatski. Na traktorima se najčešće primenjuju centrifugalni regulatori, a pneumatski regulatori samo na traktorima manjih snaga. Centrifugalni regulatori čine sastavni deo pumpe visokog pritiska. Pneumatski regulatori imaju samo izvršni deo u sklopu pumpe visokog pritiska, dok je pobudni deo vezan s usisnim sistemom motora. Stepenn neravnomernosti delovanja regulatora traktorskih motora iznosi 1,05...1,10.

**Uređaj za puštanje motora u rad na niskim temperaturama** predstavlja poboljšanje kojim se obezbeđuje olakšano i sigurnije puštanje motora u rad za zimskih hladnih dana i produžava vek električnog akumulatora. Ti su uređaji najčešće električni grejači u komorama za sagorevanje u svakom cilindru ili centralni grejači postavljeni u usisnom vodu motora. Upotrebljavaju se i lako upaljiva goriva, koja se iz kapsula ili u vidu spreja uvode u usisni sistem motora, stvarajući tako uslove za početak rada motora.

**Izduvni sistem**, pored toga što prigušuje intenzitet zvuka izduvnih gasova, ima i poseban zadatak da zadrži i pogasi varnice nastale tokom rada motora.

**Svetla** na traktorima podležu zakonskim normama koje su mnogo blaže od onih za obična motorna vozila. Pored reflektora za osvetljavanje površine ispred traktora, na traktoru postoje reflektori kojima se osvetljavaju površine iza traktora, tako da rukovalac može kontrolisati rad priključnih mašina.

**Servouređaji** primenjuju se na težim traktorima, najčešće u sklopu sistema za upravljanje i za spojnice. Posebni servouređaji nalaze se u sistemu za sprežanje i regulaciju položaja priključnih mašina sa traktorima, a na pojedinim tipovima traktora i u sistemu za kočenje.

**Ispitivanje traktora.** Tehnički se ispituje traktor na osnovu međunarodno usaglašenih pravila i postupaka. Traktori se ispituju u laboratorijskim uslovima, na probnim stolovima, na poligonima, na posebnim postrojenjima i u realnim uslovima.

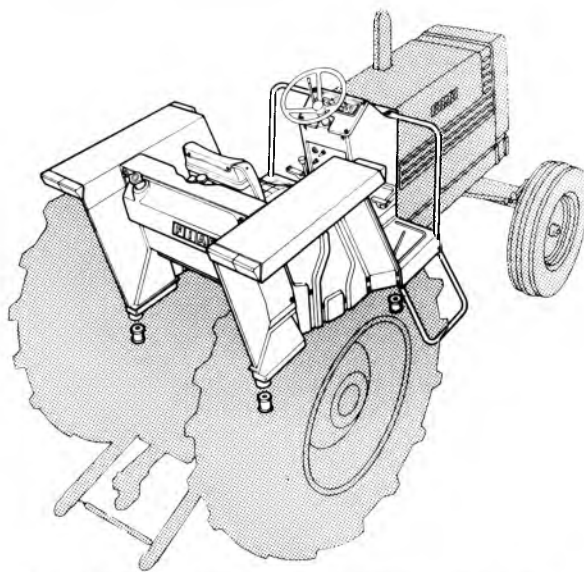
Ispituju se u prvom redu regulatorne karakteristike motora i vučne karakteristike traktora. Poseban su vid ispitivanja eksploataciona ispitivanja u kojima se ispituje odnos sprege traktora i priključnih mašina u realnim uslovima eksploatacije.

**Ergonomski problemi.** Traktorista u traktoru provodi svoje redovno, a često i produženo radno vreme. Zbog toga uslovi rada, kao što su vidljivost, položaj i razmeštaj komandi i kontrolnih instrumenata, mikroklimatski uslovi, karakter vibracija usled kretanja traktora i delovanja mehanizama, nivo buke i konfiguracija kabine, predstavljaju faktore koji utiču na pojavu i intenzitet zamora te, konačno, na zdravstveno stanje traktoriste.

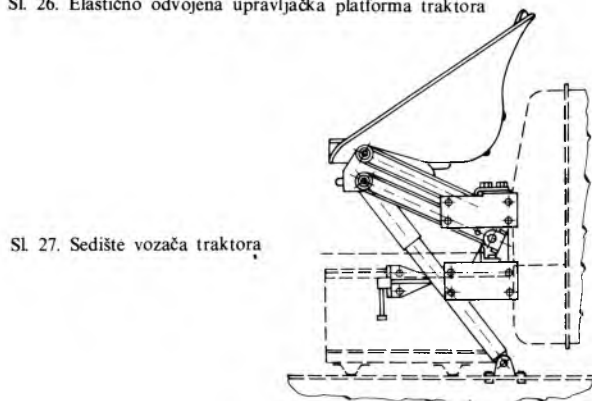
Rad traktoriste spada u teške poslove, a profesionalne bolesti su česte i ozbiljne. Karakteristične su bolesti kičme i bregra, zatim stomadne, nervne i reumatične bolesti, te bolesti slušnih organa.

**Uticaj buke.** Intenzivna buka zahteva od radnika da utroši više energije u toku rada. Zbog toga istovremeno opada preciznost i kvalitet rada. Buka, u zavisnosti od intenziteta, vremena i učestanosti, uzrokuje nadražljivost, nervozu i zamor. Ako se radi u sredini s intenzivnom bukom više časova na dan tokom više meseci, oštećuje se sluh, a u ekstremnim slučajevima radnik ga potpuno gubi. Gornja dozvoljena granica nivoa buke na mestu sedišta traktoriste za drugotrajn rad iznosi 85 dB.

**Uticaj vibracija.** Visokofrekventne i niskofrekventne oscilacije, najčešće prouzrokovane radom motora, štetno deluju na nerve i zglobove traktoriste. Da se spreči štetno dejstvo vibracija, treba da su kabina, komandne poluge i upravljač traktora elastično oveseni (sl. 26).



Sl. 26. Elastično odvojena upravljačka platforma traktora



Sl. 27. Sedište vozača traktora



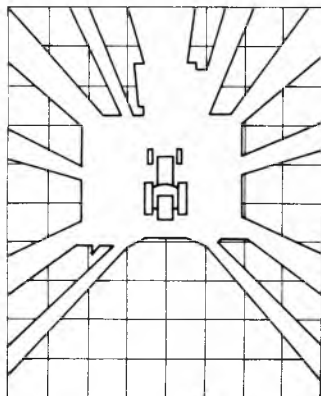
**Sedište traktoriste.** Traktorsko sedište (sl. 27) treba da svojim opružnim sistemom apsorbira oscilacije viših redova, da prigušuje oscilacije prvog reda i da se može prilagoditi visini i težini traktoriste.

**Mikroklima.** Mikroklimatski su činioci u kabini traktora: vlažnost, brzina strujanja vazduha (tabl. 9), stepen zaprašenosti, te struktura i poreklo prašine u vazduhu.

Tablica 9  
UTICAJ TEMPERATURE I BRZINE STRUJANJA VAZDUHA  
NA PROMENE KOD TRAKTORISTE

| Temperatura<br>°C | Dozvoljena brzina<br>strujanja vazduha<br>m/s | Manifestacija                                                                 |
|-------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 43                | —                                             | Moguć rad do 1 sata                                                           |
| 18                | maks. 0,5                                     | Mentalne sposobnosti opadaju, vreme reakcije se usporava, počinje da se greši |
| 15                | 0                                             | Pojava fizičkog zamora                                                        |
| 10                | —                                             | Ekstremiteti se krute                                                         |

**Kabina traktora.** Savremena kabina košta i do 25% od cene traktora. Kabina mora da bude sigurnosna, da obezbeđuje dovoljan prostor za rad traktoriste, da ima zadovoljavajuće rešenje vrata i pristupa u unutrašnjost, da zastakljene površine ne uzrokuju fenomen *staklene bašte*, ali da istovremeno obezbeđuju i dobru vidljivost u svim pravcima (sl. 28) bitnim za osmatranje radnih operacija i za bezbednost prilikom vožnje.



Sl. 28. Područja vidljivosti iz traktorske kabine

**Ekonomski aspekti izbora traktora.** U poljoprivredi se traktor prvenstveno smatra radnom mašinom. Zato se, prema tehnološkim operacijama koje će se obavljati, traktor odabire postupcima optimiranja tehnokonomskih elemenata da bi se ostvario maksimalni prihod u proizvodnji. Iako transport u poljoprivrednoj proizvodnji predstavlja više od polovine vremena angažovanja traktora, ipak ta delatnost, pored svih svojih specifičnih zahteva, ne može da bude merodavna za donošenje odluke o izboru traktora. Na izbor traktora, pored veličine poseda, utiče struktura setve, veličina parcela, primenjena tehnologija i agrotehnički rokovi.

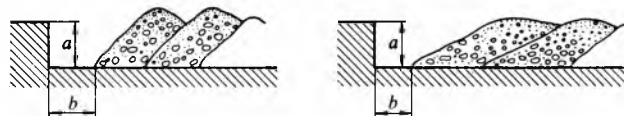
Ekonomičnost traktora u eksploataciji ne zasniva se samo na broju časova rada tokom godine. Faktori kao što su agrotehnički rokovi i preciznost operacija ograničavaju moguće vreme eksploatacije. Srednje efektivno godišnje trajanje upotrebe traktora iznosi 1000...1500 časova. Približni kriterijum za utvrđivanje potrebnih traktora na gazdinstvu predstavlja pokazatelj prema kojemu godišnje trajanje upotrebe traktora iznosi 40...50 časova po hektaru proizvodne površine.

M. Križnar

## PLUGOVI

Plug služi za oranje, tj. za osnovnu obradu zemljišta. Glavni je zadatak pluga da vertikalno i horizontalno odseca plasticu

od zdravice, da je prevrće za  $\sim 145^\circ$ , da je sitni, rastresa i pomera ustranu za širinu radnog zahvata plužnog tela (sl. 29). Dubina oranja zavisi od tipa zemljišta, pretkulture, klimatskih činilaca, tipa pluga i pogonske mašine. Prema dubini oranja razlikuje se *plitko oranje* (ljuštenje) do 15 cm, *srednje plitko* do 25 cm, *srednje duboko* do 35 cm i *duboko oranje* do 45 cm. Zemljište se može obrađivati sa prevrtanjem i bez prevrtanja plastice. Plastika se prevrće raonim, diskosnim i rotacionim plugom, a razrivačima se obrađuje zemljište bez prevrtanja plastice.

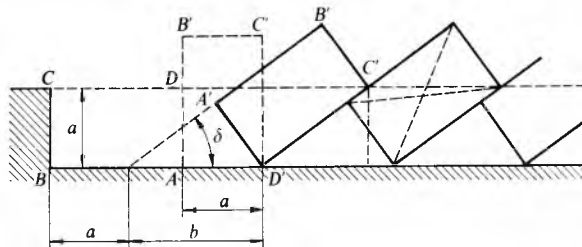


Sl. 29. Položaj prevrnutе plastice uz normalnu (lijevo) i povećanu radnu brzinu (desno);  $a$  radna dubina,  $b$  radni zahvat plužnog tela

Prema vrsti plužnog tela plugovi mogu biti raoni (lemešni) i diskosni (tanjirasti), prema prikopčavanju mogu biti nošeni, poluvučeni i vučeni, prema broju plužnih tela razlikuju se jedno-brazdni, dvobrazdni i višebrazdni plugovi, a prema načinu rada ravnjaci (obični) i obrtači.

### Raoni plug

Rad raonog pluga zasniva se na okretanju plastice koju je horizontalno odsekao *raonik*, a vertikalno *crtalo* ili ivica *plužne daske* ako nije postavljeno crtalo. Odsečena plastika klizi po površini raonika i plužne daske, pri čemu se ona podiže sve dok ne nalegne na već prevrnutu plasticu i dok se ne osloni na dno brazde. Pri tome se plastika sitni i rastresa, što joj povećava zapreminu najmanje za 30%. Zapremina teških zemljišta može se povećati i za 50%. Prevrnuta plastika sa dnom brazde zatvara ugao  $\delta$  od  $40^\circ$ ... $50^\circ$ , već prema širini radnog zahvata i dubini oranja (sl. 30). Čistoća brazde zavisi od brzine pluga i oblika plužnog tela. Brazda je čistija kad je veća radna brzina i kad je veći ugao rezanja. Brazda mora biti čista i dovoljno široka da točkovi traktora u narednom proходу ne bi sabijali zemljište. Širina gume na točku treba da bude za 2,5...3 cm uža od brazde.



Sl. 30. Shema brazde raonog pluga.  $a$  radna dubina,  $b$  radni zahvat plužnog tela,  $\delta$  ugao nagiba plastice

Usitnjavanje plastice zavisi od oblika plužnog tela, radne brzine, tipa i stanja zemljišta, a posebno od njegove vlažnosti. Premeštanje plastice zavisi od oblika plužnog tela i brzine kretanja. Prema radnoj brzini plastika se pomera za 20...70 cm u smeru oranja, a za 30...70 cm u stranu.

Raoni plug se sastoji od rama (okvira), uređaja za vuču, plužnog tela, crtala, točkova, uređaja za podešavanje radnog zahvata i radne dubine, hidrauličkog sistema i sigurnosnog uređaja plužnog tela. *Ram pluga* povezuje sve radne organe. Ram je često preopterećen, pa mora biti otporan na savijanje i istezanje.

**Plužno telo (korpus)** sastoji se od raonika, plužne daske sa perom, plaza, nosača i dodataka koji pospešuju njegov rad (sl. 31).

*Raonik* je izrađen od specijalnoga tvrdog čelika da bi se pri radu što manje habao. Evropski tip raonika ima oblik trapeza sa ravnom oštricom, i pogodan je za lakše uslove rada. Američki tip raonika ima izdužen vrh i povijen je nadole, te je pogodan za teža zemljišta. Za teže uslove služe raonici sa zamenjivim dletom (sl. 32).