

Višefunkcionalni strojevi za područje niskogradnje

GREJDERI –PRECIZNI STROJEVI ZA ZEMLJANE RADOVE

Grejderi su nešto kao laka konjica kod izvedbe zemljanih radova. Iako su to specijalni strojevi sa specifičnim, prostorno vrlo pokretljivim nožem za fine radove sa sipkijim materijalima, mogu obavljati niz različitih operacija, čiji se broj još povećava montiranjem različitih dodatnih alata. Kvalitet rada im uvelike ovisi o umješnosti strojara, a efikasnost iziskuje dobru prethodnu isplaniranost svih aktivnosti.

napisao: mr.sc. Držislav Vidaković,d.i.g., viši predavač, Građevinski fakultet Osijek

Konstrukcija i tehničke karakteristike

Grejderi (engl. *Grader*; njem. *Planiergerät*, *Strassenhobel*) se koriste još od druge polovice 19 stoljeća. Danas ima veći broj tvrtki koje proizvode grejdere, a među njima su uglavnom svi najpoznatiji proizvođači građevinskih strojeva (*Caterpillar*, *Volvo*, *Komatsu*, *Bomag*, *Frisch*, *Orenstein&Koppel*, *Averlin Baford*, *MBU* i dr.).

Prvobitno su se izrađivali kao vučeni strojevi (manjih dimenzina), no od šezdesetih godina 20 st. su to gotovo isključivo samohodni motogrejderi (autogrejderi) pokretani dizel-motorom. Jedan stariji tip, vrlo jednostavne konstrukcije, prikazuje prva slika.



Snaga motora grejdera kreće se od 35 –315 KW (najčešće između 75 i 200 KW). Postoje i neki noviji grejderi s individualnim elektromotorom za pogon komandi i kretanje cijelog stroja.

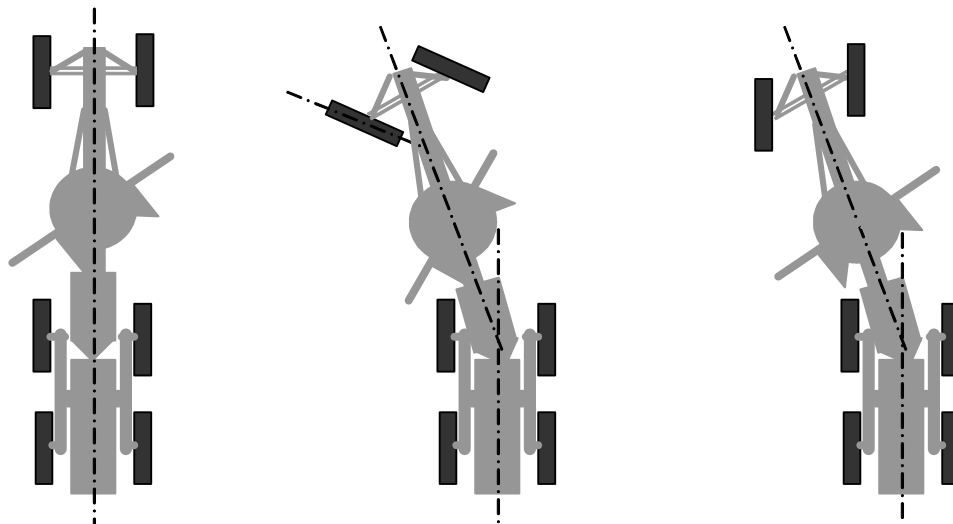
Težina sadašnjih grejdera je od 7 t (6.800 kg *Volvo G80*) do 24 t, pa i više. Lakima se smatraju oni do 9 t, srednje težine su 10 -12 t, teški 13 -15 t, a vrlo teški imaju težinu preko 17 t.

Osnov grejdera je traktor točkaš s jednom osovinom naprijed i jednom ili dvije straga. (Strojevi s dvije osovine imaju slabije motore –35 do 75 KW.) Točkovi su s pneumo ili punjenim gumama. Prednji su uvijek za davanje pravca, a nekad su i pogonski, dok su stražnja dva ili četiri uvijek pogonska, te kod nekih tipova i za davanje pravca. Prednji točkovi često imaju specijalno učvršćenje koje im omogućuje nagibanje u vertikalnoj ravnini, kao i dvostrano bočno zakošenje samih točkova do 30° u odnosu na vertikalu (vidi slike). Zakošenje točkova poboljšava stabilnost grejdera, što je posebno važno kod rada na strmijim kosinama terena kada dolazi do pojave bočnih opterećenja.

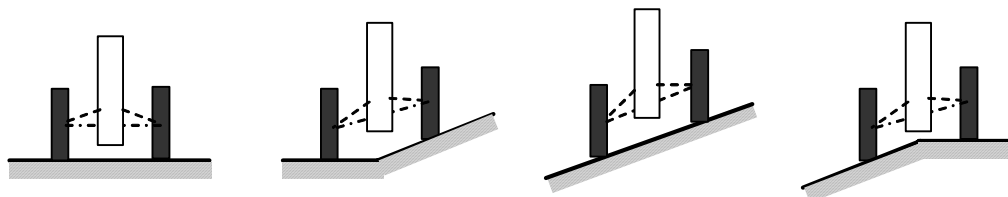


Različite moguće položaje točkova pri radu grejdera pokazuje slijedeća shema. Grejderi s razlomljenom šasijom mogu se kretati tako da zadnji točkovi ne prate tragove prednjih, što im povećava stabilnost pri radu.

Mogući radni položaji grejdera s razlomljenom šasijom



Mogućnosti kretanja grejdera po tlu različitog nagiba



Na izduženom središnjem okviru, koji povezuje prednju i stražnju osovinu, preko poluga je vodoravno postavljen veliki prstenasti zupčanik na kojem se nalazi osnovni radni alat, grejderski nož (naziva se i "daska", u nekoj literaturi raonik, engl. *blade*). Taj sklop velike pokretljivosti najkarakterističniji je dio grejdera (vidi slike).





Nož je blago zaobljen, sličnog oblika kao kod većine dozera, samo nešto finije konstrukcije i izduženiji. Širina mu može biti od 2,3 do 4,8 m, visina najčešće do 0,5 metara (neki tipovi *Galiona* i znatno manje -ispod 0,2 m), kod nekih modela i oko 0,8 m (*STT* iz Slovenije izrađivao *G71* s visinom noža 828 mm, a *Caterpillar*ov model *16G* ima 790 mm), dok je debljina cca 20 – 25 mm. Upravljenje s njim može biti mehaničko, hidrauličko ili kombinirano, a naravno, kod suvremenih strojeva je to skoro uvijek pomoću uređaja s hidrauličkim servo-pogonom.



Grejder je konstruiran tako da se nož može okretati oko vertikalne i horizontalne osovine, pa je moguće:

- izdizati i spuštati nož iznad tla (obično oko 40 –50 cm),
- mijenjati kut noža prema tlu na obje strane,
- mijenjati kut noža (po zupčaniku u krugu od 360°) u odnosu na pravac kretanja na obje strane,
- mijenjati kut zasjecanja,
- bočno isturati nož na lijevu i desnu stranu, potpuno izvan osnovnog rama.

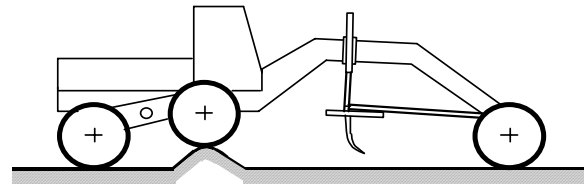
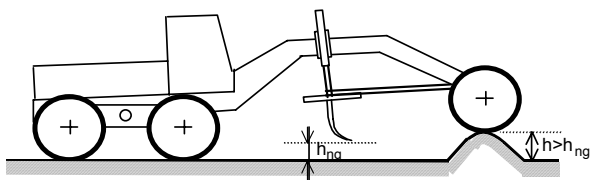
Velika prostorna pokretljivost grejderskog noža omogućuje izvođenje različitih, vrlo preciznih operacija. Nož pri kretanju grejdera kopa zemlju rezanjem u slojevima, može je i gurati, kao i miješati sve sipkije materijale. Kapacitet kod novijih modela strojeva srednje veličine je oko 7 – 8 t za kopanu zemlju, a za guranje prelazi 9 t.

Položaj između prednjih i zadnjih točkova osigurava mu puno bolji rad pri ravnanju terena u odnosu na dozere, što zorno prikazuje dana shema rada. Pri svakom prelazu grejder smanjuje neravnine terena približno na jednu desetinu (šestosovinski tipovi) do jedne četvrtine njihove prijašnje visine, dok dozer još pogoršava stanje.

Shema rada grejdера

1.

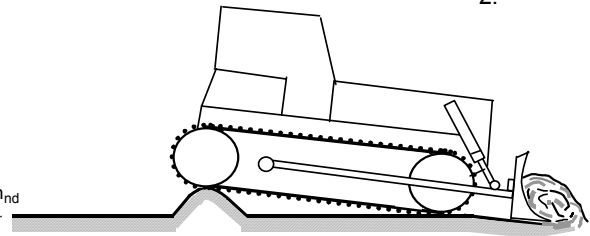
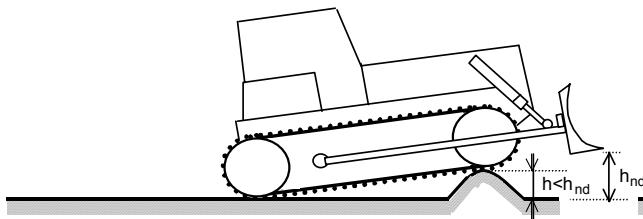
2.



Shema rada dozera

1.

2.



Suvremena tehnologija jamči točne kote u izvršavanju radnih zadataka grejdера. Već nekoliko desetljeća rade se hidraulični cilindri opremljeni indikatorom koji daje podatke u polumikrometarskim veličinama, s čim se regulira odstojanje i kut nagiba noža. Automatika nož održava u stalnom položaju bez obzira na neravnine na koje nailazi stroj u kretanju. Tako se npr. nagib kosina može garantirano izvoditi s točnošću jedan prema tisuću.

Grejderima mogu biti dodana i neka priključna ili zamjenska oruđa kako bi imali širu primjenu i veću efikasnost.

Cijena ove vrste strojeva ovisi o modelu, a kod novih prelazi i 100.000 eura. O njihovoj vrijednosti govori i to da rabljeni, desetak godina stari grejderi nerijetko na tržištu imaju cijenu oko 30.000 –40.000 eura.



Područje primjene

Grejderi su uz dozere i bagere jedni od nezaobilaznih strojeva za zemljane radove, naročito u cestogradnji.

Uspješni su u radu sa sipkim materijalima, odnosno I i II ktg zemljišta (mogu i s III ktg., no tu već nisu najpogodniji). Upotrebljivi su na tlu koje je samo navlaženo kišom, ali su neefikasni ako je raskvašeno.

Iako su neki ovdje opisani modeli (s razlomljenom šasijom) vrlo pokretljivi, obzirom na relativno veliku dužinu grejdera, općenito treba paziti da im se osigura dovoljno velika fronta rada za manevriranja.



Grejderi prije svega služe za:

- planiranje (npr. posteljice prometnica),
- profiliranje tj. oblikovanje kosina ispod i iznad planuma (izrada nasipa do 1,3 m),
- premještanje i razastiranje materijala u pravcu i krivinama,
- skidanje humusa.

Uvijek su potrebni za završnu obradu velikih količina zemlje koju su preneli buldozeri, pogotovo za bočne površine. Teški i vrlo teški buldozeri namijenjeni su za planiranje većih građevinskih površina (npr. aerodroma), te za izršenje radova u tvrdim zemljištima.

Otkop obavljaju u horizontalnim ili blago nagnutim slojevima s transportom guranjem na kraća rastojanja (do 150 m), pa su pogodni za radnje kao što je:

- izrada kosina i iskop kanala i rigola, te njihovo čišćenje,
- izvedba bankina, pa i
- lako krčenje.

Koriste se također i za

- miješanje materijala za stabilizaciju slojeva (kod izgradnje prometnica) i
- za izradu (razastiranje) bitumenskih zastora.

Osim u građevinarstvu grejderi imaju svoju primjenu i u poljoprivredi, a jako su dobri i za čišćenje snijega.



Za uspješno obavljanje različitih poslova pridodaju se još neki alati. Najčešće su to:

- manji buldozerski nož ispred prednjih točkova (vidljiv na priloženim slikama) za razastiranje, a i guranje drugih strojeva i
- rijači (riperi) za razrahljivanje čvrstih zemljišta (vidljiv na priloženim slikama) i pripremu tla za slijedeće operacije (planiranje).

Nešto rjeđe postavlja se:

- poseban nož (tzv. greda ili lopata) za čišćenje snijega,
- utovarna lopata na zadnjem dijelu,
- vibro ploča (kompaktor) za pripremu tla za slijedeće operacije,
- transporter s gumenom trakom koji se pridodaje grejderu (elevejting grejder) za izbacivanje iskopane zemlje sa strane ili u neko odgovarajuće transportno vozilo.

U tom slučaju se katkad originalni grejderski nož zamjenjuje s tanjurastim diskom (diskos) koji rotirajući zasjeca zemlju.





Planski učinci i iskustveni podaci o radu

Iako neki priručnici o građevinskim strojevima navode brzine grejdera i do 30 –40 km/h, radna brzina uvijek primarno ovisi o obavljanom poslu, odnosno njegovim pojedinim operacijama. Realno se u prosječnim slučajevima može računati na slijedeće brzine:

- 1,5 – 2,5 km/h pri završnom nasipavanju površina;
- 1,5 – 3,0 km/h pri skidanju humusa;
- 1,5 – 4,0 km/h pri izradi jaraka (s istovarom sa strane);
- 1,5 – 4,3 km/h pri lakom krčenju;
- 2,0 – 6,0 km/h pri popravku tucaničkog zastora kod cesta
- 3,0 – 6,0 km/h za otklanjanje pojasa tek iskopane zemlje;
- 4,0 – 8,0 km/h za mješanje raznih materijala;
- 4,0 –10,0 km/h pri poravnavanju terena (nešto brži kod rada s lakšim materijalima);
- 5,0 – 8,0 km/h kod izrade kosina;
- 10,0 –15,0 km/h samo za fino planiranje;
- 7,0 –25,0 km/h pri čišćenju snijega.

Grejderski mjenjač ima čak osam radnih brzina: u prvoj se kreće 1,6 –2,8 km/h, a u osmoj brzini 12 km/h i više. Brzine za kretanje u nazad su obično manje, a kod nekih tipova grejdera (*Galion T 500 –T 700*, *Richier 80*, *Maschinenbau G-3*) čak i iste kao pri kretanju naprijed. Pri samom premještanju prazni grejderi mogu dostići brzinu i do 60 km/h.

Naravno iz brzine rada direktno proizlazi ostvarivi učinak stroja, odnosno rok njegove aktivnosti. Ipak, neke orijentacijske vrijednosti praktičnih učinaka za grejder donekle odstupaju od odnosa prije navedenih brzina. Prema recentnim istraživanjima može se računati na slijedeće:

- 50 m³/h -pri izradi jarkova;
- 100 m³/h -za mješanje materijala;
- 120 m³/h -pri skidanju humusa;
- 300 m³/h -za razastiranje materijala;
- 400 m³/h -za planiranje terena.

U tablici ispod navedeni su nešto stariji, iskustveni podaci (Italija) o prosječnim dužinama jarkova (presjeka 0,6 m²) za slivne vode, koje se u dobrim terenskim uvjetima mogu izvesti s jednim samohodnim grejderom.

Nagib terena	Srednja dužina jaraka	Ostvarivi učinak (krv=0,83) u m/h							
		Laki grejderi				Teški grejderi			
		Laki teren		Težak teren		Laki teren		Težak teren	
%	m	Rastresit	Zbijen	Rastresit	Zbijen	Rastresit	Zbijen	Rastresit	Zbijen
2 - 4	300	320	190	260	153	510	310	400	240
4 - 8	150	280	165	220	130	430	260	340	200
8 - 12	100	235	140	190	110	370	220	280	170

Prema istom izvoru, pri čišćenju jarkova postiže se učinak od 8 do 12 km po jednoj osmosatnoj radnoj smjeni. Jedan manji, stariji tip grejdera (4 t; 22 KW) mogao je dnevno u dobrom stanju održavati dionicu stabiliziranog puta dužine 50 km.

Ovi strojevi u biti rade ciklično, ali su ti ciklusi uglavnom prilično nejednoliki, pa nisu pogodni za određivanje učinka prema izrazu za sve ostale ciklične strojeve. Zato im se učinak uobičajeno izračunava preko brzina, kao za strojeve s kontinuiranim djelovanjem:

$$U_t \left[\frac{m^2}{h} \right] = \frac{1000 * v_{sr} \left[\frac{km}{h} \right] * (b_{ng} [m] - b_{pr} [m])}{n_p},$$

gdje je

- v_{sr} –prosječna (tehnička) brzina pri obavljanju rada za koji se planira učinak,
- b_{ng} –radna širina noža grejdera koja zavisi od konstruktivne širine (b_{kostr}) i kuta (obično $\alpha = 30^\circ - 50^\circ$, maksimalno 60°) pod kojim je okrenut u odnosu na smjer kretanja ($b_{ng} = b_{kostr} * \sin \alpha$), što znači da ako je pod pravim kutem, zapravo odgovara konstruktivnoj širini ($\sin \alpha = 1$),
- b_{pr} –širina preklapanja radnih površina pri prelascima grejdera (obično cca. 10 cm sa svake strane, odnosno ukupno 0,2 m, a najviše ukupno 0,5 m),
- n_p –broj prolaza potrebnih za obradu određene površine.

Za obračun u metrima prostornim ovakav rezultat potrebno je množiti s prosječnom debljinom sloja obrađivanog materijala (površine), ali tako se baš ne dolazi do točnih količina.

Obzirom na poznatu efektivnu širinu rada određenog grejdera nije neuobičajeno da se učinak izražava u m ili km po satu ili radnoj smjeni. U tom slučaju se može uzeti:

$$U_t \left[\frac{km}{smj} \right] = \frac{T_{sm} - \sum t_o}{2 * \left(\frac{n_{p-rez}}{v_{rez}} + \frac{n_{p-pr}}{v_{pr}} \right)},$$

gdje je:

- T_{sm} –broj radnih sati u jednoj smjeni,
- $\sum t_o$ –suma svih vremena (h) utrošenih za okretanje grejdera na krajevima radne dionice ($t_o =$ cca. 0,001 h) za sve prelaze koji se moraju obaviti za dobivanje zahtjevanog profila,
- n_{p-rez} –potreban broj prelaženja u jednom smjeru preko radne dionice za rezanje zemlje,
- n_{p-pr} –potreban broj prelaženja u jednom smjeru preko radne dionice prilikom premještanja srezane zemlje,
- v_{rez} –srednja brzina grejdera pri rezanju zemlje u km/h,
- v_{pr} –srednja brzina grejdera pri premještanju zemlje u km/h.

U radu s grejderom treba izbjegavati okretanje, te vraćanje u početni položaj obavljati vožnjom unatrag, pogotovo pri djelovanju na dionicama do 300 m. Samohodni grejderi imaju mogućnost obavljanja rada i pri hodu unazad.

Ako je širina obrađivane površine (polja rada) (B_p) veća od širine koja se postiže na jednom putu prolaza (b_{ng}), koji je potrebno prijeći n_{bg} puta, znači da je ukupni broj prolaza grejdera:

$$n_p = n_{bg} * \frac{B_p}{b_{ng} - b_{pr}}.$$

Iskustveni su podaci da je prosječno potreban broj prijelaza:

- za fino planiranje - 3 –5 puta;
- za planerske radove općenito - 2 –3 puta;
- za uzdužno i poprečno razastiranje zemljanog materijala - 1 –2 puta.

Kod širokih kolovoza učinkovitije je djelovati s nekoliko grejdera u seriji (često u tandemu).

Da bi se došlo do planskog tj. praktičnog učinka (U_p) teorijski učinak (U_t) treba korigirati s koeficijentom ispravke (k_i) koji će kod grejdera biti umnožak koeficijenta iskorištenja radnog vremena (k_{rv}), organizacije rada na gradilištu (k_{og}), dotrajalosti stroja (k_{ds}), radnog prostora (k_{rp}) i vlažnosti materijala (k_{vm}), a obzirom na način iskaza rezultata, može i s koeficijentom rastresitosti materijala s kojim manipulira (k_r).

$$U_p = U_t * k_{rv} * k_{og} * k_{ds} * k_{rp} * k_{vm}$$

Poznato je kako je optimalna duljina radne dionice 300 m, pa je utvrđeno da njeno smanjenje za svakih 100 m umanjuje učinak za cca 10%, a pri povećanju na 400 m može se očekivati umanjeno za oko 5%.

Zbog relativno kompliciranog upravljanja, kod grejdera je iznimno važna vještina rukovatelja strojem, doduše ne toliko u pogledu brzine, nego više kvalitete rada.

Vrijeme trajanja (T) rada grejdera na nekoj dionici veće dužine L (održavanje prometnice, nasipavanje neke dugačke površine, čišćenje snijega i sl.) može se odrediti prema izrazu:

$$T = \frac{n * L}{v_{sr} * k_i}.$$

U cilju racionalizacije i efikasnijeg djelovanja prije početka radova poželjno je napraviti studiju potrebnih aktivnosti. Prethodno se mora odrediti mjesto za istovar materijala i uvijek pri planiranju treba imati u vidu da količina iskopane zemlje ne bi smjela biti veća od one koja je potrebna za nasipanje (razastiranje). Redoslijed operacija treba predvidjeti tako da je za izvršenje zadatka potreban njihov minimalni broj.

