

SADRŽAJ

1.	OSNOVI KRETANJA MOTORNIH VOZILA	
1		
1.1.	Kotrljanje vučenog točka po tvrdom tlu	1
1.2.	Kotrljanje elastičnog pogonskog točka po putu	2
2.	SILE KOJE DELUJU NA VOZILO	
2		
2.1.	Težina vozila	3
2.2.	Otpori kretanja vozila	3
2.3.	Otpor kotrljanja	3
2.4.	Otpor vazduha	4
2.5.	Otpor uspona	5
2.6.	Otpor ubrzanja	5
2.7.	Otpor priključnog vozila (poteznice)	5
2.8.	Granična vrednost vučne sile	6
3.	POGON MOTORNIH VOZILA	
6		
3.1.	Performanse motornih SUS	6
3.2.	Snaga motora	6
3.3.	Obrtni moment motora	7
3.4.	Specifična potrošnja goriva	7
4.	VUČNO - DINAMIČKE KARAKTERISTIKE MOTORNIH VOZILA	
9		
4.1.	Vučni dijagram (bilans vuče)	9
4.2.	Dinamički faktor	10
4.3.	Bilans snage	11
4.4.	Moć savlađivanja uspona	12
4.5.	Ubrzanje vozila	12
5.	PONAŠANJE VOZILA NA PUTU	
13		
5.1.	Stabilnost vozila na putu	13
5.2.	Uzdunna stabilnost vozila	165
5.3.	Povođenje točkova	15
6.	KOČENJE MOTORNIH VOZILA	15
6.1.	Pokazatelji kočionih svojstava	16
6.2.	Put kočenja	16
7.	EKONOMIČNOST POTROŠNJE GORIVA	17

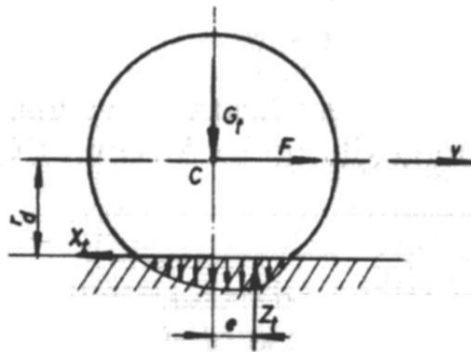
1. OSNOVI KRETANJA MOTORNIH VOZILA

Kretanje motornih vozila se odvija kotrljanjem točkova po tlu - putu.

Kako elastične deformacije puta možemo zanemariti u odnosu na deformacije pneumatike, najčešći uslov kretanja je kotrljanje elastičnih točkova po tvrdom tlu. Srećemo još i slučaj kotrljanja elastičnih točkova po mekom tlu (terenski putevi).

1.1. Kotrljanje vučenog točka po tvrdom tlu

Vučeni točak se po podlozi kotrlja pod dejstvom sile F



G_t - težina točka

r_d - dinamički poluprečnik točka

Z_t - vertikalna reakcija podloge

v - brzina kretanja vozila

e - krak sile trenja

x - tangenta reakcija podloge

u - ugaona brzina točka

Iz uslova ravnoteže momenata za tačku A sledi:

$$\sum M_A = 0$$

$$Z_t \cdot e - x \cdot r_d = 0 \quad Z_t \cdot e / r_d = x$$

$$\sum x = 0 \quad x = F \quad x = F = Z_t \cdot e / r_d$$

$e / r_d = f$ - koeficijent otpora kotrljanja

Koeficijent otpora kotrljanja f zavisi od vrste puta, pneumatika (kvaliteta - vrste i pritiska vazduha u njima).

Tangentna reakcija puta x zavisi od prijanjanja točka za put i težine kojom točak deluje na put. Maksimalna vrednost tangente reakcije puta je zavisna od koeficijenta prijanjanja ϕ čije su vrednosti date tabelarno zavisno od vrste puta

Vrsta i stađe podloge	Koeficijent prijañanja ϕ
Асфалт (мокар - сув)	0,4 - 0,8
Бетон (мокар - сув)	0,7 - 0,9
Утабани пут (сув)	0,7 - 0,9
Ливада (некошена - покошена)	0,5 - 0,7
Стрњика (влажна - сува)	0,6 - 0,7

Ораница	0,3 - 0,5
Песак (сув - влажан)	0,3 - 0,6
Земљани пут, лош (блато)	0,1
Утабани пут на снег	0,2 - 0,4

$$x = Gt \cdot \varphi = Zt \cdot \varphi \text{ jer je } Gt = Zt$$

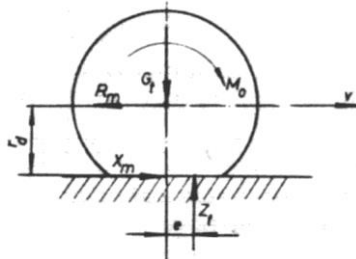
$$Zt \cdot f = Zt \cdot \varphi \quad / : Zt$$

$$f \leq \varphi$$

Ovo je uslov kotrljanja točka. Točak će se kotrljati po putu sve dok je koeficijent otpora kotrljanja f manji od koeficijenta prijanjanja φ . Ukoliko je $f > \varphi$ točak će klizati po putu.

1.2. Kotrljanje elastičnog pogonskog točka po putu

Pogonski točak se kotrlja pod dejstvom obrtnog momenta M_o dovedenog od motora, a koji je potreban za savlađivanje sile otpora kretanja R koja deluje na osovinu točka o .



$$\Sigma M_o = 0$$

$$M_o - Zt \cdot e - x \cdot r_d = 0 \quad / : r_d$$

$$M_o / r_d - Zt \cdot e / r_d - x = 0$$

$$M_o / r_d = F - \text{vučna sila}$$

Vučna sila je određena veličinom obimne sile na točku, a posledica je obrtnog momenta M_o . Maksimalna vrednost vučne sile zavisi od koeficijenta prijanjanja točka za podlogu φ i od sile težine Gt kojom točak deluje na put.

$$F = x \leq Gt \cdot \varphi$$

Ovim izrazom zanemaren je otpor kotrljanja $R_{f_t} = Zt \cdot e / r_d = Zt \cdot f$. Normalno da vučna sila mora savladati i otpor kotrljanja.

2. SILE KOJE DELUJU NA VOZILO

Pri različitim uslovima kretanja vozila po putevima na njega deluje čitav niz sila. Najopštiji slučaj imamo pri kretanju vozila po putu sa nagibom. Ukoliko se vozilo kreće kroz krivinu na vozilo deluju sile koje su specifične za ovakvo kretanje.

Sile koje deluju na vozilo možemo podeliti na:

- aktivne sile;
- sile reakcije

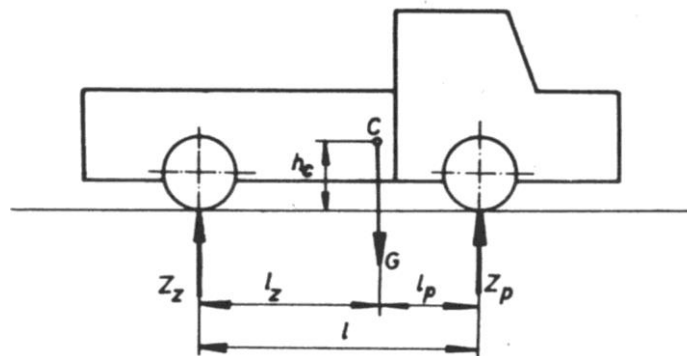
Aktivne sile su: sile težine vozila, sile otpora kretanja, razne inercijalne sile, pogonske sile, sile kočenja i slično.

Reaktivne sile koje deluju aktivnih u ravni dodirne tačke i podloge (mogu delovati uzdužno, poprečno ili normalno na ravan put).

2.1. Težina vozila

Težina vozila deluje u težištu vozila (c). Raspoređuje se na prednje i zadnje točkove.

Na slici je dato dejstvo sile težine na ravnom putu.



G - sila težine

h_c - visina težišta

G_z - sila težine koja opterećuje zadnje točkove

G_p - sila težine koja opterećuje prednje točkove

l - rastojanje između točkova

l_p i l_z - rastojanje prednjih i zadnjih točkova od težišta

Z_p i Z_z - reakcija puta koja deluje na prednje odnosno zadnje točkove

Na osnovu statičkih uslova ravnoteže vertikalnih sila ($\sum F_v=0$) i momenata ($\sum M=0$) sleduje

$$G_p=Z_p=G \cdot l_z/l \quad \text{i} \quad G_z=Z_z=G \cdot l_p/l$$

2.2. Otpori kretanja vozila

Otpori su sile koje se suprotstavljaju kretanju vozila. One deluju u pravcu kretanja vozila, ali su usmerene suprotno od smera kretanja vozila. Pojedine od ovih sila mogu postati i pogonske u slučaju ako im se smer poklopi sa smerom kretanja vozila.

Sile otpora se dele na:

- stalne: otpor kotrljanja i otpor vazduha i
- povremene: otpor uspona i otpor ubrzanja i otpor poteznice

2.3. Otpor kotrljanja

Ovaj otpor nastaje kao posledica deformacije pneumatika i neravnina na putu. Iz analize kotrljanja točka po putu utvrđeno je da na točak deluje otpor kotrljanja točka $R_{f_t}=G_t \cdot f$.

Ukupni otpor kotrljanja vozila jednak je zbiru otpora kotrljanja svih točkova.

$$R_f = \sum Z \cdot f = G \cdot f \quad \text{gde je } f = e/r_d$$

Otpor kotrljanja zavisi od: vrste i stanja podloge, od vrste i stanja penumatika, pritiska vazduha u pneumaticima itd. Kod manjih brzina kretanja koeficijent otpora kotrljanja je nepromenljiv, dok se pri većim brzinama povećava.

Vrsta i staње подлоге	Коефицијент отпора котрљања (f)
Асфалт (одличан - лош)	0,010 - 0,023
Бетон (одличан - лош)	0,011 - 0,030
Макадам (одличан - лош)	0,013 - 0,040
Земљани пут, утабан	0,025 - 0,035
Земљани пут, лош (блато)	0,016 - 0,0200
Влажан песак	0,150 - 0,300
Стрњика	0,080 - 0,100
Поље припремљено за сетву	0,160 - 0,180
Утабани пут на снегу	0,030 - 0,040

2.4. Otpor vazduha

Ovaj otpor se javlja usled dejstva vazduha na čeonu površinu vozila, trenja vazduha i sa karoserijom vozila i vrtloženja vazduha.

Otpor vazduha se izračunava po izrazu:

$$R_v = \frac{C_x \cdot \rho}{2} \cdot A \cdot V^2$$

R_v - otpor vazduha

C_x - koeficijent otpora vazduha koji zavisi od aerodinamičnosti vozila (oblik karoserije)

ρ - gustina vazduha kroz koji se vozilo kreće

V - brzina strujanja vazduha

Ukoliko nema dejstva vetra, V je jednako brzini kretanja vozila. Ako postoji dejstvo vetra tada se brzina kretanja vozila vektorski sabira sa brzinom vetra.

A - čeona površina vozila. Ova površina se izračunava na osnovu visine vozila H i širine vozila B .

$$A = 0,775 \cdot B \cdot H \text{ [m}^2\text{]} - \text{za putničke automobile}$$

$$A = 0,9 \cdot B \cdot H - \text{za teretne automobile}$$

$$A = 0,8 \cdot B \cdot H - \text{za autobuse}$$

Ukoliko koeficijent aerodinamičnosti vozila i gustinu vazduha zamenimo sa

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2}$$

gde je k - redukovani otpor vazduha, a brzinu izrazimo u km/h dobićemo da se otpor vazduha izračunava:

$$R_v = k \cdot A \cdot V^2 / 13 \text{ [N]}$$

Redukovani otpor vazduha (k)

Врста возила	Вредности k [$N \cdot \text{sec}^2 / m^4$]
Путнички аутомобили :	
- са отвореном каросеријом	0,4 - 0,5
- са затвореном каросеријом	0,2 - 0,35
- аеродинамичког облика	0,15 - 0,20
- Аутобуси	0,30 - 0,40
- Теретна возила	0,50 - 0,60
- Возила са приколицом	0,60 - 0,70

2.5. Otpor uspona

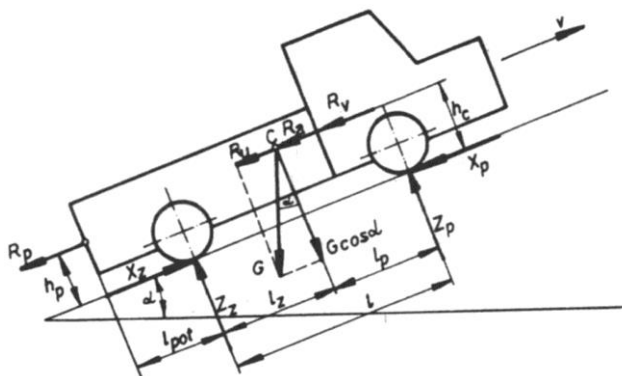
Ukoliko se vozilo nalazi na usponu tada se sila težine vozila G razlaže na $G \cdot \cos \alpha$ (komponenta težine koja deluje normalno na put i $G \cdot \sin \alpha$ koja je paralelna sa putem.

Komponentu $G \cdot \sin \alpha$ mora motor vozila da savlada preko vučne sile, pa ona čini otpor uspona

$$R_u = G \cdot \sin \alpha \text{ [N]}$$

U slučajevima kada se nagib puta izražava procentualno $u = h/l$, otpor uspona će biti

$$R_u = G \cdot U / 100$$



Ukoliko se vozilo kreće niz padinu tada otpor $R_u = G \cdot \sin \alpha$ postaje pogonska sila, jer menja smer (zajednički smer sa pravcem kretanja vozila).

2.6. Otpor ubrzanja

Prilikom povećanja brzine - ubrzavanja vozila javiće se inercijalna sila, koja ima suprotan smer od smera ubrzanja vozila. Ova sila predstavlja otpor ubrzanja. Prilikom ubrzavanja vozila, pored povećavanja brzine vozila što je određeno translatornim ubrzanjem (a), dolazi i do povećanja ugaone brzine obrtnih (rotirajućih) elemenata vozila (točkovi i elementi transmisije).

$$R_a = G/g \cdot a \cdot \delta \text{ [N]}$$

R_a - otpor ubrzanja

a - ubrzanje vozila

δ - koeficijent koji uzima u obzir inerciju rotacionih masa

g - ubrzanje zemljine teže

G - sile težine vozila

Kod teretnih vozila koeficijent rotirajućih masa ima veću vrednost nego kod putničkih automobila.

2.7. Otpor priključnog vozila (poteznice)

Ukoliko vozilo vuče prikolicu, preko poteznice, svi otpori koji deluju na prikolicu, prenosiće se na vučno vozilo. U opštem slučaju otpor na poteznici je jednak:

$$R_{pot} = R_f + R_u + R_v + R_a$$

Svi ovi otpori za prikolicu se računaju na isti način kao i za vozilo.

2.8. Granična vrednost vučne sile

Otpore pri kretanju vozila savladujemo vučnom silom, koja se realizuje na pogonskim točkovima. Pogonska sila sa jedne strane ograničena maksimalnom vrednošću obrtnog momenta, koji se ostvaruje dovoljenjem snage motora na pogonske točkove. Normalno je da veličina raspoložive vučne sile je promenljiva i stepenom prenosa u transmisiji (menjaču).

Sa druge strane vučna sila je ograničena i kvalitetom podloge (puta).

Kako je vučna sila funkcija obrtnog momenta na točku

$$F = M_o / r_d$$

to je njena maksimalna vrednost:

$$F_{max} = M_{o_{max}} / r_d$$

a za njenu potpunu realizaciju mora biti ispunjen uslov:

$$F_{max} \leq X_{max} = G_{tp} \cdot \phi$$

G_{tp} - težina koja opterećuje pogonske točkove

Vučna sila na pogonskim točkovima je ograničena koeficijentom prijanjanja (trenja) točkova za put.

3. POGON MOTORNIH VOZILA

Za pogon motornih vozila danas se još uvek koriste motori sa unutrašnjim sagorevanjem. Iako ovi motori imaju niz nedostataka (najvažniji je zagađivanje čovekove okoline) imaju niz prednosti u odnosu na druga alternativna rešenja. Da bi se vozilo kretalo potrebno je savladati otpore kretanja koji deluju na vozilo u različitim uslovima eksploatacije. U zavisnosti od željenih

performansi vozila dimenzioniše se motor, odnosno određuju njegove radne karakteristike.

3.1. Performanse motornih SUS

Motori SUS imaju veći broj karakteristika, a najznačajnije su osnovne:

- snaga motora
- obrtni moment
- specifična potrošnja goriva

3.2. Snaga motora

U radnom prostoru motora, toplotna energija dobijena sagorevanjem goriva pretvara se u mehanički rad. Zbog rasta temperature dolazi do porasta pritiska koji deluje na čelo klipa i potiskuje ga ka unutrašnjoj mrtvoj tački (radni takt - ekspanzija).

U taktu ekspanzije se dobije indikatorski rad

$$L_i = P_{i sr} \cdot V_h$$

$P_{i sr}$ - srednji indikatorski pritisak [bar]

V_h - radna zapremina cilindra [dm³]

Kako je snaga ostvareni rad u jedinici vremena to je možemo izračunati u zavisnosti od broja obrtaja motora (n).

$$P_i = \frac{P_{i sr} \cdot V_r \cdot Z}{300\tau} \cdot n \quad [KW]$$

Z - broj cilindara u motoru

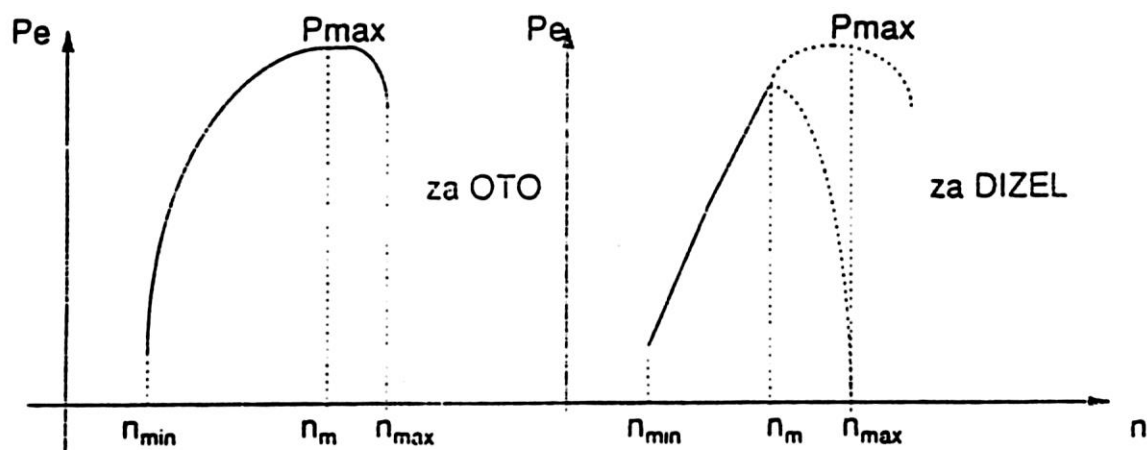
τ - broj taktova (za četvorotaktne motore $\tau=4$, za dvotaktne $\tau=2$)

Od većeg je značaja efektivna snaga (P_e) motora. Efektivna snaga je snaga kojom motor raspolaže na zamajcu motora, a manja je od indikatorske, zbog gubitka u samom motoru.

$$P_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot Z}{300\tau} \cdot n \quad [KW]$$

P_e - srednji efektivni pritisak [bar]

Kako se snaga motora menja u zavisnosti od broja obrtaja motora, to je prikazujemo grafički i nazivamo brzinskom karakteristikom motora.



Na dijagramu su karakteristične tri tačke:

- P_{min} - snaga pri minimalnom broju obrta (n_{min})
- P_{max} - snaga pri nominalnom broju obrta (n_n)
- P_{nmax} - snaga pri maksimalnom broju obrta (n_{max})

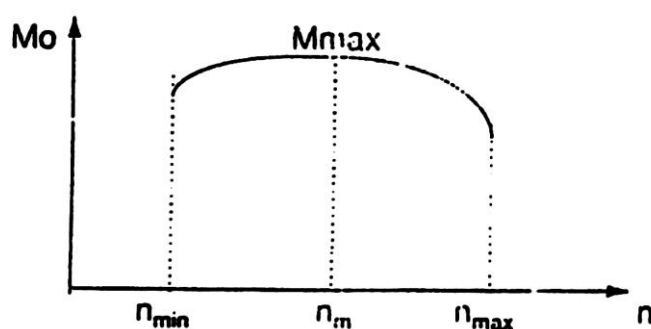
3.3. Obrtni moment motora

Između snage i obrtnog momenta postoji sledeća zavisnost:

$$P = \frac{(M_o \cdot \omega)}{10^3}$$

$$\omega = \frac{\pi n}{30} - \text{ugaona brzina}$$

$$M_o = \frac{P}{\omega} \cdot 10^3 = 9554 \frac{P}{n} \text{ [Nm]}$$



Obrtni moment se takođe menja u zavisnosti od broja obrtaja motora, ali njegove promene su znatno manje nego što je to slučaj sa snagom. Razlog za promenu obrtnog momenta leži u zavisnosti promene pritiska u motoru sa promenom broja obrta motora.

Kako je u različitim uslovima eksploatacije motornog vozila potrebna odgovarajuća vučna sila, to je potrebno obrtni moment na

upravljačkim točkovima menjati. Promenu obrtnog momenta izvodimo menjačem.

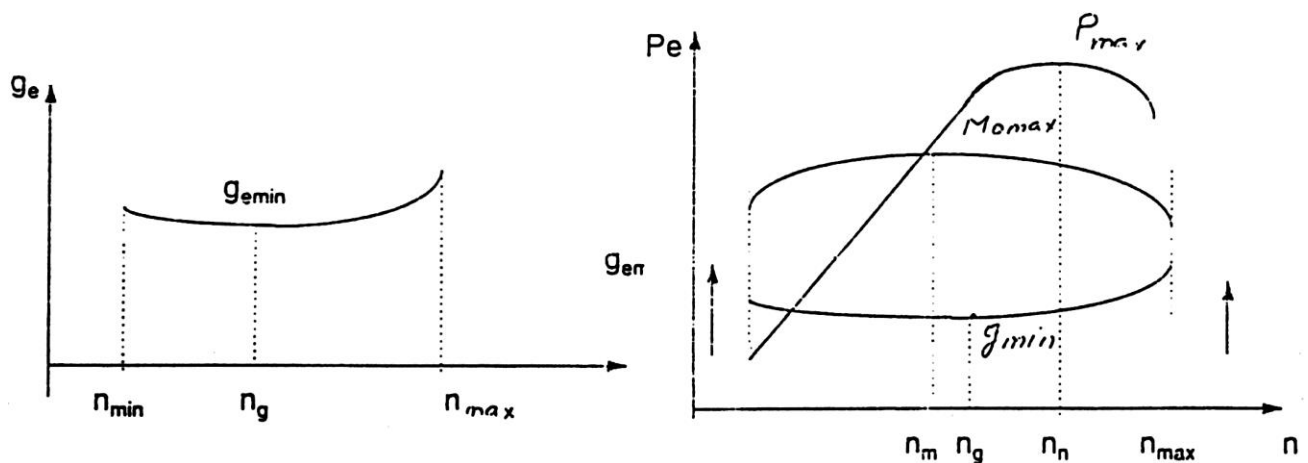
3.4. Specifična potrošnja goriva

Najmerodavniji način ocene ekonomičnosti rada motora je specifična potrošnja goriva.

Specifična potrošnja goriva je potrošnja goriva koju motor utroši u toku jednog časa rada, po kilovatu snage.

$$g_e = \frac{1000Gh}{P_e} \quad [g / KWh]$$

Gh je časovna potrošnja goriva



4. VUČNO - DINAMIČKE KARAKTERISTIKE MOTORNIH VOZILA

4.1. Vučni dijagram (bilans vuče)

Da bi se vozilo kretalo u različitim uslovima ekspleatacije obimna sila (F_o) na pogonskim točkovima je u ravnoteži sa ukupnim otporima koji deluju na vozilo

$$F_o = R_f + R_u + R_v + R_a + R_p = \Sigma R \quad \text{- jednačina bilansa vuče}$$

Obimna sila na pogonskim točkovima može se izračunati na osnovu:

$$F_o = \frac{M_o \cdot i_m \cdot i_g \cdot \eta_t}{r_d}$$

M_o - efektivni obrtni moment motora

i_m - prenosni odnos u menjaču

i_g - prenosni odnos u pogonskom mostu (glavni prenosnik)

η_t - koeficijent korisnog dejstva u transmisiji

r_d - dinamički poluprečnik točka

Koeficijent korisnog dejstva uzima u obzir sve gubitke u transmisiji i kreće se u granicama:

$$\eta_t = (0,85 - 0,94)$$

Na osnovu poznatih izraza za izračunavanje otpora i izraza za izračunavanje obimne sile na točkovima dobijamo jednačinu:

$$\frac{M_o \cdot i_m \cdot i_g \cdot \eta_p}{r_d} = Gf + G \cdot u + \frac{KAV^2}{13} + \frac{G}{g} \cdot a \cdot \delta$$

Pri kretanju vozila na horizontalnom putu ravnomernom brzinom obimna sila je $F_o = R_f + R_v$ i ukoliko je

$$\frac{i_m \cdot i_g \cdot \eta_p}{r_d} = \text{const} = K$$

$$F_o = K \cdot M_o$$

Iz ovog izraza se može zaključiti da se obimna sila na točkovima menja samo u zavisnosti od promene obrtnog momenta.

Promena obimne sile može se prikazati i grafički od broja obrta motora ili od brzine kretanja vozila što je korisnije. Brzina kretanja vozila se može odrediti na osnovu broja obrta motora i prenosnog odnosa u transmisiji.

$$V = \frac{2rd \cdot n \cdot \pi \cdot 3,6}{60 \cdot i_m \cdot i_g} \quad [km/h]$$

V - brzina kretanja vozila

Dinamički poluprečnik (r_d) točka se približno izračunava:

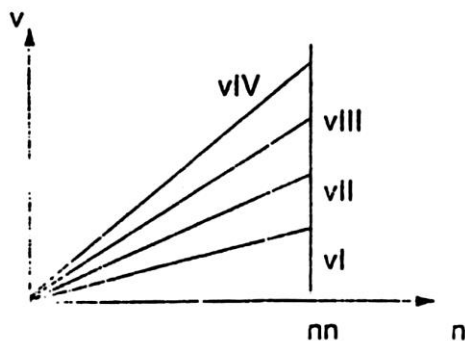
$$r_d = (H + d/2) \cdot \lambda \quad [m]$$

H - visina pneumatike u metrima

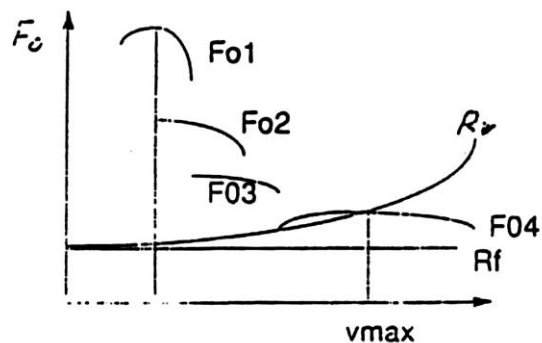
d - prečnik naplatka u metrima

λ - koeficijent radijalne deformacije

$$\lambda = (0,97 - 0,98)$$



dijagram brzine vozila



dijagram balansa snage

Ako posmatramo dijagram vuče u zavisnosti od brzine kretanja vozila uočava se da vozilo postiže maksimalnu brzinu na horizontalnom putu u četvrtom stepenu prenosa. U četvrtom stepenu prenosa je mala rezerva vučne sile za savlađivanje ostalih otpora (ubrzanja i uspona). U ostalim stepenima prenosa (I, II, III) postoji rezerva obimne sile za savlađivanje povremenih otpora (ubrzanja i uspona). Pri konstantnoj snazi motora ukoliko je stepen korisnosti transmisije (η_t) konstantan i obrtni moment (M_o) će imati konstantnu vrednost, pa će obrtni moment koji deluje na pogonske točkove imati konstantnu vrednost.

$$F_o = M_o \cdot i_m \cdot i_g \cdot \eta_t / r_d$$

za opisani slučaj dobijamo

$$F_o = M_o t / r_d = \text{const}$$

4.2. Dinamički faktor

Jednačinu bilansa vuče možemo napisati u izmenjenom obliku

$$F_o - R_v = R_f + R_u + R_a$$

$$F_o - R_v = G \cdot f + G \cdot u + \frac{G \cdot a \cdot \delta}{g} \quad /:G$$

$$\frac{F_o - R_v}{G} = f + u + \frac{a\delta}{\rho}$$

Dinamičkim faktorom (D) nazivamo odnos razlike obimne sile i otpora vazduha, u odnosu prema ukupnoj težini (leva strana jednačine)

$$D = (F_o - R_v) / G$$

Za ocenjivanje vučnih karakteristika automobila i njihovo međusobno poređenje koristimo dinamički faktor D.

Dinamički faktor je promenljiv pri promeni brzine vozila. Zavisnost dinamičkog faktora od brzine u svakom stepenu prenosa naziva se dinamička karakteristika automobila. Maksimalnu vrednost dinamičkog faktora ograničava je maksimalnom obimnom silom, koja zavisi od maksimalne vučne sile.

$$F_{o \max} = G p t \cdot \varphi$$

$G p t$ - težina koja opterećuje pogonske točkove

$$D_{\max} = \frac{F_{o \max} - R_v}{G} = \frac{G p t \cdot \varphi - R_v}{G}$$

Pri malim brzinama kretanja otpor vazduha je zanemarljiv pa u tom slučaju imamo da je

$$D_{\max} = \frac{G_{pt} \cdot f}{G} \quad \text{ako} \quad G_{pt} = \frac{1}{2}G$$

$$D_{\max} = \frac{1}{2}\varphi$$

U slučaju da se težište nalazi na sredini između osovina vozila, vozilo može imati dinamički faktor, koji je jednak polovini koeficijenta prijanjanja.

Savremena motorna vozila imaju $D_{\max}(0,25-0,50)$, dok kod terenskih vozila dostiže vrednost $D_{\max}(0,7-0,8)$. Sa promenom težine vozila menja se dinamički faktor. Ovo je više karakteristično za teretna vozila (puno ili prazno).

Poznavanjem dinamičke karakteristike vozila možemo odrediti maksimalnu brzinu vozila na horizontalnom putu. Tako je moguće odrediti, uspon i brzinu kojom se taj uspon savlađuje.

4.3. Bilans snage

Na osnovu otpora koji se javljaju pri kretanju vozila, moguće je odrediti potrebnu snagu za savlađivanje otpora kretanja vozila.

Snagu motora putem transmisije dovodimo na pogonske točkove.

$$P_t = P_e \cdot \eta_t$$

P_t - snaga na pogonskim točkovima

P_e - efektivna snaga motora

η_t - stepen iskorišćenja transmisije

Na pogonskim točkovima mora postojati ravnoteža snage sa jedne snage i delova snage koji se troše za savlađivanje pojedinih otpora.

$$P_t = P_e \cdot \eta_t = P_f + P_u + P_v + P_p + P_{P\lambda}$$

Potrebna snaga za savlađivanje otpora:

- kotrljanja $P_f = R_f \cdot v = G \cdot f \cdot v$

- uspona $P_u = R_u \cdot v = G \cdot \sin \alpha \cdot v$

- vazduha $P_v = R_v \cdot v = K \cdot AV^3$

- poteznice $P_p = R_p \cdot v$

- ubrzanja $P_a = R_a \cdot v = G/g \cdot \delta \cdot a \cdot v$

P_{λ} je snaga koja se troši zbog proklizavanja pogonskih točkova

$$P_{\lambda} = F_{ot} \cdot v \cdot \lambda$$

U različitim uslovima eksploatacije najčešće ne deluju svi otpori na vozilo.

Pri kretanju vozila po horizontalnom putu stacionarnom brzinom, snaga se utroši za savlađivanje otpora kotrljanja i otpora vazduha i slično.

4.4. Moć savlađivanja uspona

To je sposobnost vozila kojom može da savlada maksimalan uspon (uzdužni nagib puta) konstantnom brzinom kretanja. Koliki maksimalni uspon vozilo može da savlada možemo odrediti na tri načina:

- eksperimentalno
- analitički
- grafički

Maksimalni uspon analitički određujemo bilansom vuče ili dinamičkim faktorom vozila.

$$F_{ot} = R_f + R_v + R_u \quad \text{za } V = \text{const} \quad R_a = 0$$

$$F_u = F_{ot} - (R_f + R_v)$$

$$(G \cdot u\%) / 100 = F_u - (R_f + R_v)$$

$$u\% = (F_u - R_f - R_v) 100 / G$$

Pri malim brzinama kretanja vozila otpor vazduha se može zanemariti za savlađivanje maksimalnog uspona u I stepenu prenosa, što nije moguće za određivanje maksimalnih uspona za ostale stepene prenosa. Savlađivanje maksimalnih uspona je ograničeno i uzdužnom stabilnošću vozila, mada je podužna stabilnost vozila rešena konstruktivno ograničavanjem obimne sile na točkovima.

Uspon pomoću dinamičkog faktora:

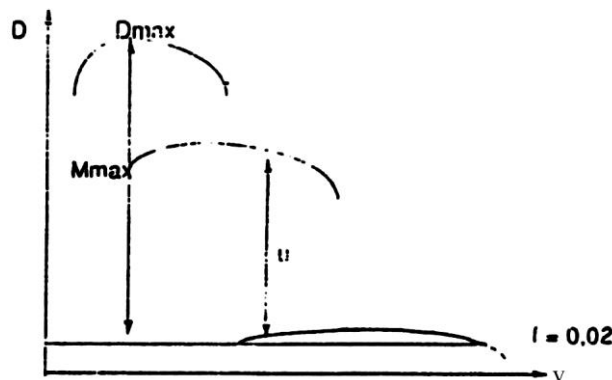
$$R_u = F_o - R_f - R_v$$

$$\frac{G \cdot u}{100G} = \frac{F_o - R_f}{G} - \frac{R_f}{G}$$

$$u\% = (D - f) 100$$

Može se zaključiti da najveći uspon vozilo može savladati kada je najveća rezerva vučne sile, a to je u I stepenu prenosa pri broju obrtaja (n_m) kada je obrtni moment najveći.

Primer grafičkog određivanja dat je preko grafika dinamičkog faktora



4.5. Ubrzanje vozila

Intenzitet ubrzanja koje vozilo može da postigne utiče na vučna i dinamička svojstva vozila. Intenzivnija ubrzanja vozila omogućavaju postizanje većih srednjih brzina vozila.

Ubrzanje vozila tako|e se mo|e odrediti iz bilansa vu|e, ili dinami|kog faktora

$$F_o = R_f + R_v \pm R_u + R_a$$

$$R_a = F_o - (R_f + R_v \pm R_u)$$

$$\frac{G \cdot a \cdot \delta}{g} = F_o - (R_f + R_v \pm R_u)$$

$$a = \frac{[F_o - (R_f + R_v \pm R_u)] \cdot g}{G \cdot \delta} \quad [m/sec^2]$$

ili

$$\frac{R_a}{G} = \frac{F_o - R_v}{G} - \frac{R_f}{G} \pm \frac{R_u}{G}$$

$$a, \delta = D - f \pm u$$

$$a = \frac{(D - f \pm u)g}{\delta}$$

ako je put horizontalan

$$a = \frac{(D - f) \cdot g}{\delta}$$

Kako je obimna sila na pogonskim to|kovima najve|a u prvom stepenu prenosa, ubrzanje vozila u ovom stepenu prenosa je najintenzivnije.

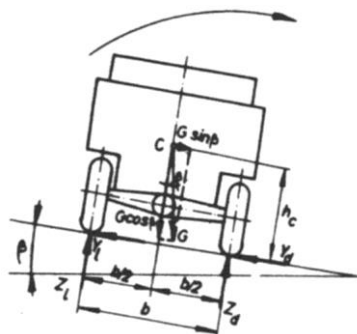
5. PONAŠANJE VOZILA NA PUTU

5.1. Stabilnost vozila na putu

- popre|na -

Popre|na stabilnost vozila ogleda se u:

- Opasnost od prevrtanja oko to|kova jedne strane pri pravolinijskom kretanju, po putu sa popre|nim nagibom, ili opasnost od klizanja - zanošenja.
- Opasnost od prevrtanja oko to|kova jedne strane pri kretanju kroz krivinu ili opasnost od isklizavanja iz krivine



Uslov stabilnosti vozila dobija se iz:

$$G \cdot \sin \alpha \cdot h_c = G \cdot \cos \beta \cdot \frac{b}{2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha < \frac{b}{2} h$$

uslov da ne dođe do prevrtanja vozila

Do klizanja - zanošenja vozila neće doći

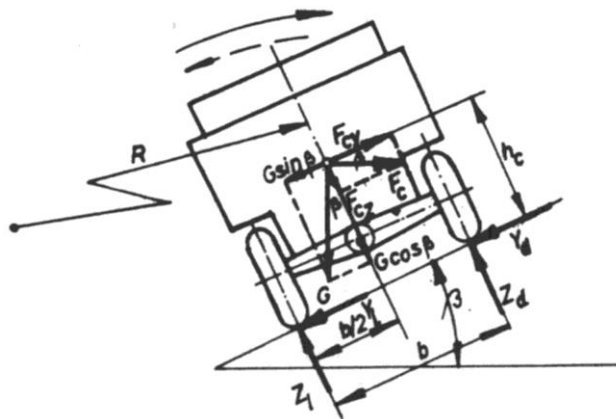
$$G \cdot \sin \beta < G \cos \beta \cdot \varphi$$

$$\operatorname{tg} \beta < \varphi$$

Iz prethodnog sledi da stabilnost na prevrtanje na pravom putu sa bočnim nagibom zavisi od konstrukcije vozila (dimenzija), koordinata težišta koje se u eksploataciji menjaju raspodelom tereta na vozilu.

Do klizanja vozila na putu sa bočnim nagibom dolazi ako je mali koeficijent prionljivosti (φ) pneumatika na podlogu - put.

Uslov da ne dođe do bočnog prevrtanja, pri kretanju vozila kroz krivinu sa nagibom, može se dobiti



$$\sum M_b = 0$$

$$F_c \cdot \cos \beta \cdot h_c - G \cdot \sin \beta \cdot h_c - G \cdot \cos \beta \cdot \frac{b}{2} - F_c \cdot \cos \beta \cdot \frac{b}{2} = 0$$

Kada zamenimo vrednost centrifugalne sile, koja je uzrok eventualnog prevrtanja vozila, dobijamo graničnu brzinu na prevrtanje.

$$F_c = \frac{G \cdot V_p^2}{g \cdot R} = \frac{G \cdot V_p^2}{9,81 \cdot 3,6^2 \cdot R} = \frac{G \cdot V_p^2}{127 \cdot R}$$

$$V_p \leq \sqrt{127 \cdot R \cdot \frac{\operatorname{tg} \beta \cdot h_c + \frac{b}{2}}{h_c \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \frac{b}{2}}} \text{ km/h}$$

Uslov bočnog klizanja sledi iz uslova prionljivosti točkova za put. U krivini sa bočnim nagibom uslov stabilnosti na bočno klizanje se

dobija iz ravnoteže sila koje deluju u ravni puta, ili su paralelne sa putem.

$$F_c \cdot \cos \beta - G \cdot \sin \beta - Y_b - Y_a = 0$$

$$F_c = \frac{G \cdot V_k^2}{127 \cdot R}$$

$$X_a = Z_a \cdot Y \quad X_a = Z_a \cdot Y$$

$$XA + XB = (YA + YB) \cdot \varphi = G \cdot \cos \beta + F_c \cdot \sin \beta = \left(G \cdot \cos \alpha + \frac{G \cdot V_k^2}{127 \cdot \sin \alpha} \right) \cdot \varphi$$

$$\frac{V_k^2}{127 \cdot R} \cdot (1 - \operatorname{tg} \beta \cdot \varphi) = \operatorname{tg} \beta + \varphi$$

$$V_k \leq \sqrt{127 \cdot R \cdot \frac{\operatorname{tg} \beta + \varphi}{1 - \operatorname{tg} \beta \cdot \varphi}} \text{ km/h}$$

Bezbedno kretanje vozila kroz krivinu, obezbeđuje brzina vozila koja je manja od niže granične brzine. Pri kretanju kroz krivinu sa nagibom obično pre dolazi do klizanja vozila. Putnička vozila su podložnija klizanju, a teretna prevrtanju.

5.2. Uzdužna stabilnost vozila

Uzdužna stabilnost vozila karakteriše se mogućnošću prevrtanja vozila oko zadnje ili prednje osovine. Kako se na usponima vozilo kreće malom brzinom otpor vazduha se može zanemariti. Ukoliko je brzina konstantna ne postoji ni otpor ubrzanja. U momentu kada počinje prevrtanje prednji točkovi gube kontakt sa tlom pa je $Z_p = 0$

$$G \cdot \sin \alpha \cdot h_c - G \cdot \cos \alpha \cdot l_z = 0$$

$$\operatorname{tg} \alpha \cdot h_c - l_z = 0$$

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \frac{l_z}{h_c}$$

Kretanje vozila na velikim usponima, koji bi mogli izazvati prevrtanje, ograničeno je konstruktivnim karakteristikama vozila i nedovoljnom obimnom silom na pogonskim točkovima.

5.3. Povođenje točkova

Kako su pneumatici elastični, pri dejstvu sila dolazi do njihove deformacije. Do deformacija točkova može doći u svim pravcima. Bočne deformacije pneumatika izazvane su bočnim silama. Bočne sile su posledica bočnog vetra, bočnog nagiba puta, ili pri zaokretu vozila. Bočne deformacije pneumatika nazivaju se povojenjem točkova. Ugao odstupanja oboda od ravni točka nazivamo uglom povojenja. Veličina ovog ugla zavisi od jačine dejstva bočnih, normalnih i tangenčnih sila od krutosti pneumatika (radijalni su

više skloni poveljenju) i od elastičnih oslonaca. Pri većim uglovima poveljenja dolazi do potpunog klizanja točka.

6. KOČENJE MOTORNIH VOZILA

Prilikom kočenja usporavamo ili zaustavljamo vozilo. Kinetička energija kretanja se smanjuje pretvaranjem u toplotnu prilikom kretanja. Prilikom kočenja vozila sile trenja koje deluju u kočnici, stvaraju moment kočenja na točku, čije je dejstvo suprotno smeru ugaone brzine točka.

$$F_k = M_k / r_d \quad F_k - \text{sila kočenja na obimu točka}$$

$$M_k - \text{moment kočenja točka}$$

Maksimalna sila kočenja zavisi od maksimalnog momenta kočenja sa jedne strane i sile prijanjanja točka za podlogu sa druge strane.

$$F_{k \max} = x + \max \cdot R_f = G_t \cdot \varphi - G_t \cdot t = G_t \cdot (\varphi - t)$$

$$F_{k \max} \leq G_t \cdot \varphi_{\max}$$

Uslov da ne dođe do blokiranja točka i njegovog klizanja pod dejstvom sile inercije

6.1. Pokazatelji kočionih svojstava

Kočenje vozila se ocenjuje na osnovu puta kočenja, maksimalnog usporenja i vremena kočenja.

Na osnovu Njutnovog zakona usporenje se određuje

$$a = F / m \quad a - \text{usporenje}$$

$$m - \text{masa vozila}$$

$$F - \text{rezultujuća sila usporenja vozila}$$

$$F_k = F_0 - E_R \quad E_R = R_f + R_v + R_u + R_a$$

prilikom kočenja na horizontalnom putu

$$E_R = R_f + R_v = G \cdot (f + A \cdot kV^2 / 13)$$

$$a = \frac{-g \cdot G \cdot \varphi + G \cdot f}{G} = -g \cdot (\varphi + f)$$

vrednost usporenja pri malim brzinama

ukoliko zanemarimo otpor kotrljanja $f=0$

$$a = -g \cdot \varphi \frac{m}{s^2}$$

Usporenje zavisi od uslova puta (koeficijenta prijanjanja φ).

6.2. Put kočenja

Da bi se vozilo usporilo potrebno mu je umanjiti kinetičku energiju, a to se vrši radom kočenja

$$A_k = E_{k1} - E_{k2} = \frac{m \cdot V_1^2}{2} - \frac{m \cdot V_2^2}{2} = \frac{G \cdot V_1^2}{255} - \frac{G \cdot V_2^2}{255}$$

V_1 - brzina u početku kočenja
 V_2 - brzina na kraju kočenja

Rad kočenja je

$$A_k = F_k \cdot S_k$$
$$S_k = \frac{V_1^2 - V_2^2}{255 \cdot (\varphi + f \pm u)}$$

Stvarne pokazatelje kočenja možemo dobiti pomoću dijagrama kočenja, koji se dobija uz pomoć uređaja (motometra)

SLIKA

- t_1 - vreme reagovanja vozača
- t_2 - vreme odziva sistema kočenja
- t_3 - prikočivanje (porast sile kočenja)
- t_4 - vreme punog kočenja
- t_1 - vreme otkočivanja

Prilikom kočenja može doći do nestabilnog kretanja vozila. Uzrok nestabilnom kretanju vozila su blokiranja točkova prilikom kočenja ili veće razlike u intenzitetu kočenja na točkovima iste osovine. Ukoliko blokiraju svi točkovi vozač gubi kontrolu upravljanja vozilom (vozilo klizi - obično u pravcu sile inercije). Blokiranje prednjih točkova zanosi prednji deo vozila, a blokiranje zadnjih točkova zanosi zadnji deo vozila.

Kod savremenih motornih vozila, stabilnost pri kočenju se poboljšava ugradnjom anti-blokirnog sistema kočenja (ABS).

7. EKONOMIČNOST POTROŠNJE GORIVA

Ekonomičnost potrošnje goriva procenjuje se na osnovu utroška goriva (odnosno njegovom novčanom vrednošću za izvršenje određenog rada vozila). Ekonomičnost potrošnje goriva zavisi od vrste vozila, načina eksploatacije, organizacije eksploatacije i ostalih faktora.

Potrošnja goriva vozila se određuje za vozilo po JUS standardu. Merenje potrošnje se vrši u litrima na 100 km na odgovarajućoj stazi (putu).

Stanje vozila mora da bude u skladu sa standardom (motor zagrejan, viskozitet ulja motora odgovarajući, pneumatici odgovarajući sa odgovarajućim pritiskom i slično).

Opterećenje vozila mora biti odgovarajuće u zavisnosti od vrste vozila.

Staza na kojoj se vrši ispitivanje odgovarajuće dužine 10 km.

Vremenske prilike pri merenju se moraju uklapati u standardom predviđene.

Brzina kretanja vozila mora biti 2/3 od V_{max} , a ne sme biti veća od 100 km/h.

Merenje potrošnje vrši se pomoću posebnog pribora.

$$g_s = 1,1 \cdot \frac{Q}{s} \cdot 100 \frac{\text{lit}}{100\text{km}}$$

standardna potrošnja goriva

Tako se meri - određuje i eksploataciona potrošnja goriva na dužem putu

$$LJs = V/s \quad \text{lit}/100\text{km}$$

Za određivanje ekonomičnosti rada motora meri se specifična potrošnja goriva.

$$g_e = \frac{m}{P_e \cdot t} \frac{\text{gr}}{\text{kWh}}$$

g_e - specifična potrošnja goriva

m - masa vozila

P_e - efektivna snaga

t - vreme rada motora

