

3 Ekonomičnost potrošnje goriva

Značaj ekonomičnosti u trošenju pogonskih materijala u drumskom transportu raste sa porastom učešća drumskog transporta u ukupnom transportnom radu. Poseban značaj u tome ima potrošnja goriva, jer je od najvećeg uticaja na cenu transportnog rada. Problem ekonomičnosti potrošnje goriva u drumskom transportu, je sve izraženiji zbog poskupljenja nafte, kao i zbog ograničenih resursa fosilnih goriva i neobnovljive energije uopšte. Motori SUS u drumskim transportnim sredstvima koriste od 25 - 37% utrošene energije goriva. Ako se tako niskom stepenu iskorišćenja doda i uticaj koji mogu imati nepodešeni parametri, održavanje tehničkog stanja uopšte, kao i način vožnje na povećanje potrošnje goriva kod transportnih vozila, onda je opravdano da se izmeriteljima i pokazateljima potrošnje goriva pokloni potrebna pažnja. Ekonomičnost potrošnje goriva je vrlo značajno eksploataciono-tehničko svojstvo u racionalnoj eksploataciji transportnih vozila.

Stvarnu potrošnju goriva kod motornih vozila određuje više faktora među kojima su najvažniji:

- konstrukcija
- tehničko stanje
- putni uslovi
- klimatski uslovi
- način vožnje (upravljanja vozilom)
- organizacija transportnog rada.

Prema tome, u realnim eksploatacionim uslovima potrošnja goriva zavisi od niza faktora izvan čistih konstrukcijskih karakteristika samog vozila. Otuda i potreba da se stvarna potrošnja goriva određuje brižljivim praćenjem i registrovanjem ostvarene potrošnje goriva u određenim uslovima eksploatacije. Teorijski proračuni potrošnje goriva zato i daju samo približne vrednosti u odnosu na stvarnu potrošnju.

3.1 Izmeritelji i pokazatelji potrošnje goriva transportnih vozila

Uticaj konstrukcionih karakteristika vozila na potrošnju goriva može biti izražen količinom goriva Q [l] koja se utroši na određenom putu s [km] uz određene uslove kretanja.

Ako se za jedinicu pređenog puta uzme 100 km, onda se može napisati da je:

$$G_s = \frac{Q}{s} \cdot 100 \quad [l/100 \text{ km}]$$

Ovakav način iskazivanja potrošnje goriva je lako shvatljiv te se često koristi. Analogno ovom iskazivanju potrošnje može se sresti i način po kome se uticaj konstrukcije vozila na potrošnju goriva izražava dužinom puta koji transportno vozilo može da pređe sa određenom količinom goriva. Oba načina iskazivanja potrošnje goriva mogu da zadovolje zahteve eksploatacije vozila u sferi potrošnje tj. kod putničkih vozila u ličnoj svojini ili u uslovima komercijalne eksploatacije ako je uticaj korisnog opterećenja na potrošnju zanemarljiv u odnosu na uticaj koji ima sopstvena težina vozila. Međutim u uslovima racionalne eksploatacije motornih vozila kao sredstava proizvodnog, transportnog rada, u iskazivanju potrošnje goriva mora doći do izražaja obim transportnog rada koji vozilo izvrši. Znači potrošnju goriva moramo svesti na jedinicu izvršenog transportnog rada:

$$G_{At} = \frac{Q}{A_t} = \frac{Q}{s_t \cdot m_t} \quad [l/tkm]$$

gde je:

A_t - obim transportnog rada [tkm ili pkm]

m_t - masa prevezenog tereta ili broj prevezenih putnika

s_t - pređeni put pod teretom / sa putnicima

Za ocenu ekonomičnosti potrošnje goriva motora, koristi se:

G_h [kg/h] – potrošnja goriva u kilogramima za čas pri datom režimu rada motora

g_e [g/kWh] – specifična efektivna potrošnja (grama po satu i jedinici efektivne snage).

Može se prema tome napisati da je:

$$G_h = \frac{Q \cdot \rho}{t} \quad [\text{kg/h}]$$

$$g_e = \frac{G_h}{P_e} \cdot 1000 = \frac{Q \cdot \rho}{t \cdot P_e} \cdot 1000 \quad [\text{gr/kWh}]$$

gde je:

t [h] - vreme rada

ρ [kg/l] - zapreminska masa goriva

Iz prethodnih izraza sledi:

$$Q = \frac{P_e \cdot t \cdot g_e}{1000 \cdot \rho} = \frac{G_h \cdot t}{\rho} \quad [l]$$

i zamenom u izrazu za potrošnju goriva po jedinici pređenog puta:

$$G_s = \frac{Q}{s} \cdot 100$$

$$G_s = \frac{G_h \cdot t}{\rho \cdot s} \cdot 100 = \frac{P_e \cdot g_e}{10 \cdot \rho \cdot v} \quad [l/100 \text{ km}]$$

gde je:

v [km/h] - brzina kretanja vozila.

3.2 Jednačina potrošnje goriva

Pri kretanju transportnog vozila motor razvija snagu koja je određena veličinama unutrašnjih i spoljašnjih otpora u datim uslovima kretanja. U slučaju kretanja bez klizanja, jednačina ravnoteže snage može se napisati u obliku:

$$P_e = \frac{P_v + P_f + P_u + P_a}{\eta_p} = \frac{(R_v + R_\psi + R_d) \cdot v}{27 \cdot \eta_p} \quad [kW]$$

Zamenom u jednačini:

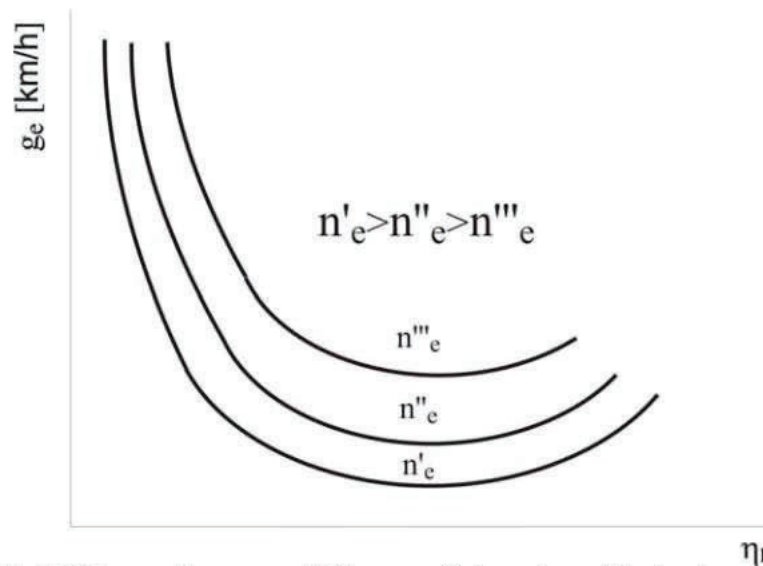
$$G_s = \frac{P_e \cdot g_e}{10 \cdot \rho \cdot v} \quad [l/100 \text{ km}]$$

izlazi da je potrošnja goriva data jednačinom:

$$G_s = \frac{(R_v + R_\psi + R_d) \cdot g_e}{36 \cdot 10^3 \cdot \rho \cdot \eta_p} \quad [l/100 \text{ km}]$$

$$G_s = \frac{g_e}{36 \cdot 10^3 \cdot \rho \cdot \eta_p} \cdot \left(\frac{K \cdot A \cdot V^2}{13} + G \cdot \psi + \frac{G \cdot \delta}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \right) \quad [l/100 \text{ km}]$$

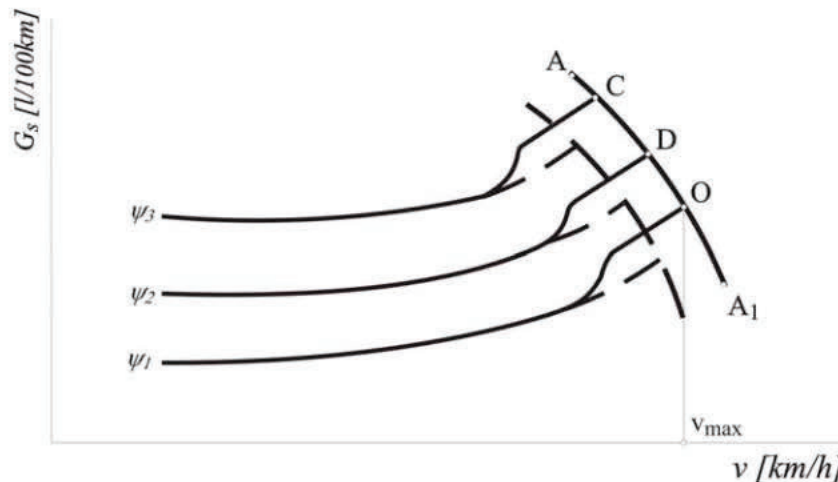
Iz ove jednačine potrošnje goriva sledi da je ta potrošnja po jedinici pređenog puta manja ukoliko je manja specifična efektivna potrošnja g_e , odnosno ukoliko je sam motor ekonomičniji. Drugim rečima, svi faktori koji utiču na ekonomičnost potrošnje goriva motora, utiču i na ekonomičnost motornog vozila. Takođe se može zaključiti da je potrošnja goriva po jedinici puta veća ukoliko su veće sile otpora puta, vazduha, kao i otpor u transmisiji. Potrošnja goriva se povećava i po osnovi povećanja kinetičke energije pri kretanju sa ubrzanjem. Specifična efektivna potrošnja g_e nije nezavisno promenljiva veličina. Na sledećoj slici (Slika 38) data je načelna zavisnost g_e od broja obrtaja motora n_e i stepena iskorišćenja snage motora η_e .



Slika 38. Načelna zavisnost specifične potrošnje goriva od broja obrtaja motora.

3.3 Karakteristika ekonomičnosti potrošnje goriva

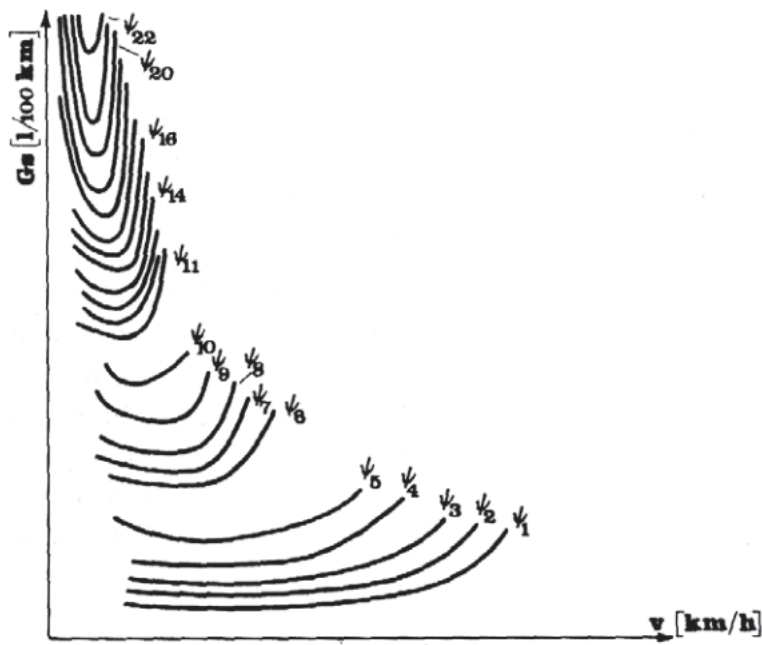
Grafički izražena zavisnost potrošnje goriva G_s od brzine kretanja i koeficijenta otpora puta ψ (Slika 39).



Slika 39. Karakteristika ekonomičnosti potrošnje goriva u funkciji otpora puta

Ova empirijski dobijena kriva ima rastući trend za određeni koeficijent otpora puta ψ pri ravnomernom kretanju u funkciji brzine. Svaka kriva ima tačku koja odgovara maksimalnoj brzini v_{max} za dati ψ . Prelomi na krivama potrošnje izražavaju uticaj karburatora na obogaćenje smeše kod pune snage. Svrha je povećanje vrednosti maksimalne brzine i po cenu porasta specifične potrošnje goriva. Isprekidanom linijom prikazan je karakter promene potrošnje, kada ne bi bilo ovakvog delovanja karburatora. Vidi se da bi potrošnja goriva bila manja, ali i maksimalna brzina kretanja bi bila manja.

Karakteristika ekonomičnosti potrošnje goriva se određuje za najviši stepen prenosa, osim u slučajevima kada je zbog uslova eksploatacije od značaja da se prikažu ovakve zavisnosti specifične potrošnje goriva i za druge niže stepene prenosa. Na narednoj slici (Slika 40) dat je prikaz ove karakteristike za tri stepena prenosa koji se najviše koriste.

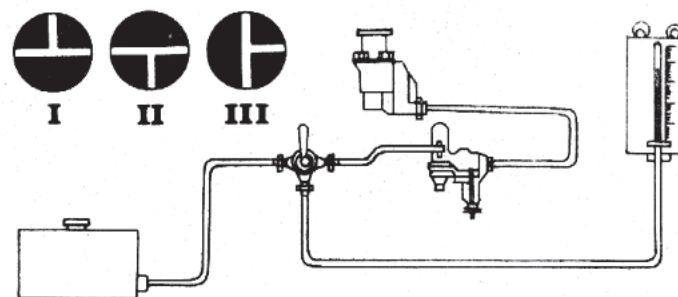


Slika 40. Karakteristika potrošnje goriva za tri stepena prenosa koji se najviše koriste

Karakteristike ekonomičnosti potrošnje goriva određuju se eksperimentalno ili proračunom, ako se ne raspolaze podacima ispitivanja.

3.3.1 Eksperimentalno određivanje karakteristike ekonomičnosti potrošnje goriva

Merenja potrošnje goriva obavljaju se na pravolinijskom horizontalnom delu puta sa ravnom i tvrdom podlogom, koji nije kraći od jednog kilometra. Ispitivanje se vrši vozilima pod nominalnim punim opterećenjem. Vozilo se ubrza pre nego što naiđe na deo puta određene dužine na kome se vrše merenja. U trenutku nailaska na taj deo puta uključi se štoperica za merenje vremena, a dovod goriva se preko provodne slavine prebaci na snabdevanje iz posebne menzure (Slika 41).



Slika 41. Izgled aparature za eksperimentalno određivanje potrošnje goriva

Vozilo se kreće konstantnom, odabranom brzinom, a sva merenja se vrše iz kola. Na kraju deonice puta, određene dužine, štoperica se zaustavi, a dovod goriva vrati na snabdevanje iz rezervoara. Prema količini goriva koja je potrošena (razlika nivoa u menzuri) na određenoj dužini puta pri kretanju određenom brzinom, uz dati koeficijent otpora puta ψ , odredi se jedna tačka na krivoj potrošnje. Obično se uzima srednja vrednost posle ponovljenog merenja pri kretanju u suprotnom smeru. Menjajući brzine kretanja dobijaju se i druge tačke na krivoj $\psi = const.$ a ponavljajući ispitivanje na drugim delovima puta, sa drugim vrednostima ψ , dobija se karakteristika ekonomičnosti potrošnje goriva (Slika 39). Minimalna potrošnja goriva, koja odgovara ekonomskoj brzini kretanja, može se smatrati pokazateljem ekonomičnosti potrošnje goriva kod ispitivanja motornog vozila sa punim opterećenjem i pri kretanju po horizontalnom putu sa tvrdom podlogom.

Za eksperimentalno određivanje ekonomičnosti potrošnje goriva mogu se koristiti i probni stolovi sa valjcima. Na ovim stolovima meri se vrednost vučne sile i potrošnje goriva po satu rada, u zavisnosti od brzine kretanja, a za različite stepene opterećenja motora. Posebnim uređajima na probnom stolu moguće je menjati otpore u valjcima. Odgovarajućim preračunavanjima mogu se dobiti i vrednosti G_s , odnosno može se nacrtati karakteristika ekonomičnosti potrošnje goriva.

3.3.2 Analitičko određivanje karakteristike ekonomičnosti potrošnje goriva

Ako je eksperimentalno određivanje potrošnje goriva putnim ispitivanjima ili ispitivanjima na probnom stolu iz bilo kojih razloga nemoguće, pristupa se proračunu onih veličina koje treba da omoguće crtanje karakteristike ekonomičnosti potrošnje goriva.

U tom cilju specifična efektivna potrošnja goriva g_e [gr/kWh] izražava se kao funkcija tri veličine.

$$g_e = g_p \cdot K_\eta \cdot K_n \quad [\text{g/kWh}]$$

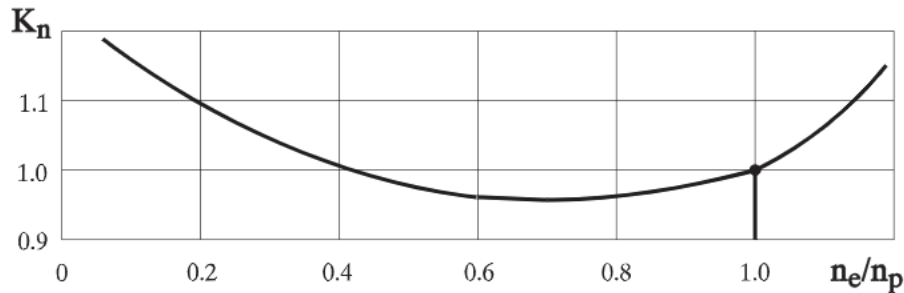
gde je:

g_p [g/kWh] - specifična efektivna potrošnja pri maksimalnoj snazi

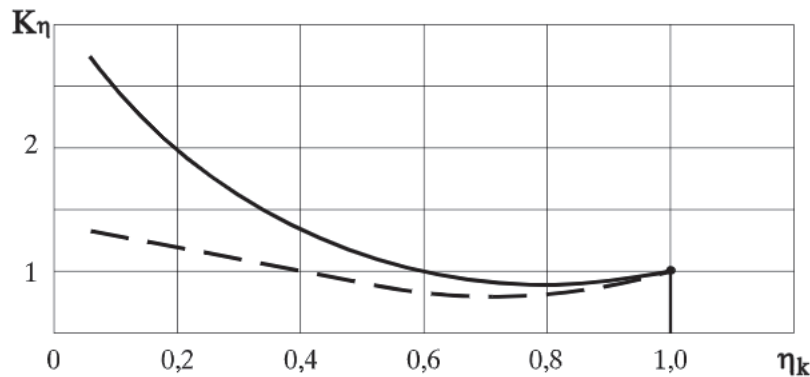
K_η - koeficijent koji uzima u obzir promene stepena iskorišćenja snage motora

K_n - koeficijent koji uzima u obzir promenu g_e u zavisnosti od promene broja obrtaja motora.

Vrednost K_η i K_n dobijaju se statističkim uopštavanjem, a prikazani su na narednim dijagramima (Slika 42 i Slika 43).



Slika 42. Zavisnost koeficijenta K_n od promene broja obrtaja motora



Slika 43. Zavisnost koeficijenta K_η od promene stepena iskorišćenja snage motora

Ako se u jednačini potrošnje goriva zameni vrednost g_e dobija se:

$$G_s = \frac{(R_v + R_\psi + R_a) \cdot g_e \cdot K_\eta \cdot K_n}{36 \cdot 10^3 \cdot \rho \cdot \eta_p} \quad [l/100 \text{ km}]$$

Ovako data jednačina potrošnje goriva služi kao osnova za crtanje karakteristike ekonomičnosti potrošnje, odnosno zavisnosti potrošnje goriva po jedinici pređenog puta od brzine kretanja i koeficijenta ukupnog otpora puta.

Koristeći metod Šlipsea postupa se tako što se odabere nekoliko vrednosti broja obrtaja motora (brzina automobila za dati stepen prenosa) n_e , pa se poznatim n_p (broj obrtaja motora pri maksimalnoj snazi) odrede odnosi n_e/n_p . Zatim se iz dijagrama $n_e/n_p - K_n$, odrede odgovarajuće vrednosti K_n . Posle toga se za svaku od odabranih vrednosti n_e , odnosno v , a prema formuli:

$$\eta_k = \frac{P_\psi + P_v}{P_e \cdot \eta_p}$$

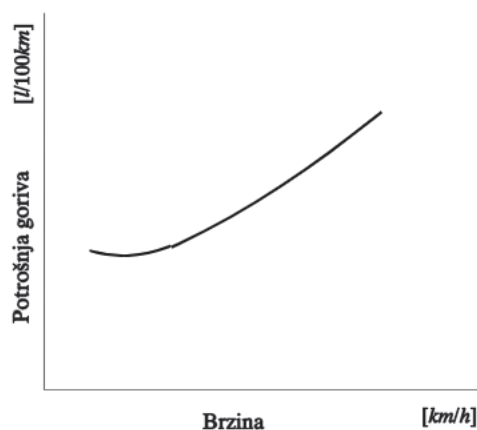
odrede vrednosti stepena iskorišćenja snage motora η_k , za odabranu vrednost koeficijenta ukupnog otpora puta ψ . Sa tako dobijenim vrednostima za η_k , iz dijagrama $\eta_k - K_\eta$ očitaju se vrednosti za K_η . Sada se pomoću jednačine potrošnje goriva sa ovako dobijenim vrednostima izračuna potrošnja goriva G_s pri kretanju vozila po putu sa odabranim ψ i odgovarajućom brzinom kretanja. Ponavljajući ovakav proračun sa drugim vrednostima koeficijenta otpora puta može se ucrtati karakteristika ekonomičnosti potrošnje goriva.

Ovako dobijena karakteristika ekonomičnosti odnosi se na ravnomerno kretanje po putu sa stalnim koeficijentom ψ . Stvarni eksploatacioni uslovi zahtevaju stalne promene brzina i režima rada motora zbog stalne promene putnih uslova. Zbog toga se ovako proračunate karakteristike koriste za približnu ocenu potrošnje goriva.

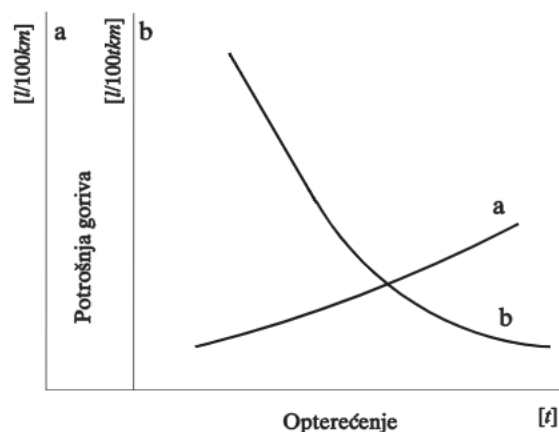
3.4 Metod normiranja potrošnje goriva

Potreba za normiranjem potrošnje goriva proizilazi iz nekoliko razloga. Prvi je svakako taj što stvarna potrošnja goriva bitno zavisi od spoljnih eksploatacionih faktora. Pored uticaja koji na potrošnju goriva imaju konstrukcione karakteristike motora i transmisije kao unutrašnji faktori, od bitnog značaja su vrsta i kvalitet puta opterećenje, režim kretanja vozila, vrsta transportnog rada, klimatski uslovi, a posebno mesto ima način upravljanja vozilom, odnosno uticaj vozača. Sa druge strane, gorivo sa svojom cenom predstavlja značajnu stavku u eksploatacionim troškovima, a to znači i u ceni jedinice transportnog rada.

Na slikama u nastavku (Slika 44 i Slika 45) dat je načelan prikaz uticaja brzine kretanja i opterećenja vozila na potrošnju goriva.



Slika 44. Zavisnost potrošnje goriva od brzine



Slika 45. Zavisnost potrošnje goriva od opterećenja

Na stvarnu potrošnju goriva utiče u velikoj meri i tehničko stanje motora, transmisije i vozila u celini. Pri ovome su od značaja ne samo stepen istrošenosti odnosno strukturni parametri tehničkog stanja vozila već i regulacioni parametri odnosno njihove stvarne vrednosti. Nepodešeno paljenje, dovod goriva, nepodešeni uglovi točkova ili pritisak u pneumaticima odražavaju se na povećanje potrošnje goriva iznad normale tj., iznad nužne potrošnje u datim uslovima.

Vozač može znatno da utiče na stvarnu potrošnju goriva. Neracionalno odabiranje stepena prenosa, odnosno brzine kretanja, često korišćenje kočnica ili nedovoljno korišćenje zaleta odnosno kinetičke energije vozila za koju je već potrošena određena količina goriva, predstavljaju faktore koji stvarnu potrošnju goriva mogu da povećaju i za 10% od normalne u datim uslovima.

Uticaj organizacije transportnog rada na racionalno korišćenje energije goriva je mnogostruko. Već kod izbora vrste vozila i nominalne nosivosti može se uticati na stvarnu potrošnju goriva u datim uslovima izvršenja transportnog rada. Veća nominalna nosivost odabranih vozila od optimalne za datu vrstu transportnog rada dovodi do nepotpunog iskorišćenja nosivosti, a manja nominalna nosivost od potrebne u datim uslovima povećava broj obrta, tura, što se vrlo nepovoljno odražava na potrošnju goriva naročito na dužim relacijama.

U pogledu organizacije transportnih procesa može se mnogo učiniti za smanjenje potrošnje goriva po jedinici izvršenog transportnog rada ako se stalno prati kretanje vrednosti koeficijenta iskorišćenja pređenog puta β i koeficijenta iskorišćenja nosivosti γ . Poboljšanje vrednosti ovih koeficijenata ima znatan uticaj na smanjenje količine potrošenog goriva za određen obim izvršenog transportnog rada.

Sa ovog aspekta gledano, donošenje odgovarajućih pravilnika o normiranju potrošnje goriva u Autotransportnim preduzećima ima dvostruki značaj. Omogućava racionalno trošenje skupe i verovatno sve skuplje energije goriva naftnog porekla, čime smanjuje eksploatacione troškove u znatnoj meri, a sa druge strane, stalnim praćenjem stvarne potrošnje u odnosu na normiranu stvaru mogućnosti za operativnu ocenu rada tehničke baze i kvaliteta tehničkog održavanja vozila, stručnosti vozača i njihovog odnosa prema radu kao i kvaliteta rada službe eksploatacije koja vodi računa o organizaciji transportnog procesa.

Na kraju treba pomenuti i izuzetan značaj koji ima korišćenje priključnih vozila za racionalno korišćenje goriva. Na dobrim putevima, bez mnogo oštih uspona i na dužim relacijama korišćenje priključnih vozila može da smanji potrošnju goriva po jedinici transportnog rada [tkm] i za 20%. Iako je potrošnja goriva po jedinici pređenog puta kod autovozova veća, zbog većih otpora kretanja specifična potrošnja je manja zbog boljeg stepena iskorišćenja snage motora.

Kod analize racionalnosti u potrošnji goriva pri izvršenju određenog obima transportnog rada koristi se specifična potrošnja g_t [g/tkm] ili g_{pu} [g/pkm] po jedinici transportnog rada. Ove veličine kao pokazatelji ekonomičnosti goriva koriste se i kod planiranja potreba za gorivom u određenom periodu ili za određen obim transportnog rada.

$$g_t = \frac{Q \cdot \rho \cdot 10^3}{W_t} \quad [gr/tkm]$$

$$g_{pu} = \frac{Q \cdot \rho \cdot 10^3}{W_p} \quad [gr/pkm]$$

gde je:

q [l] - količina goriva u litrima

ρ [kg/l] - zapreminska masa goriva

W_t [tkm] - obim transportnog rada

W_p [pkm] - obim transportnog rada

Kod razrade pravilnika o normiranju potrošnje goriva treba poći od toga da se ukupno potrošena količina goriva jednog teretnog transportnog vozila po jedinici pređenog puta (100 km) može podeliti na količinu koja je potrošena na kretanje praznog vozila, količinu koja je potrošena za prevoz tereta i količinu koja je potrošena za manevrisanje prilikom utovarno - istovarnog procesa.

Kako je pak stvarna potrošnja zavisna i od klimatskih prilika (godišnje doba), to se i taj faktor mora uzeti u obzir putnički automobil bi osnovna jednačina glasila:

$$Q = \left(K_1 \cdot \frac{L}{100} + K_2 \cdot \frac{W}{100} + K_3 \cdot Z \right) \cdot \omega \quad [l]$$

gde su:

K_1 [$l/100 km$] - normativ (normirana potrošnja) potrošnje goriva na 100 km pređenog puta

K_2 [$l/100 tkm$] - normativ potrošnje goriva na 100 tkm obavljenog transportnog rada

K_3 [$l/obrt$] - normativ potrošnje goriva po obrtu (vožnja pod teretom)

L - pređena kilometraža u planiranom ili analiziranom periodu u [km]

W - obim transportnog rada koji je izvršen na pređenoj kilometraži L u [tkm]

Z - broj vožnji pod teretom na pređenoj kilometraži L

ω - koeficijent korekcije potrošnje goriva koji uzima u obzir klimatske i putne uslove.

Normativ potrošnje goriva po jedinici pređenog puta K_1 služi za izračunavanje potrošnje goriva za ukupno pređenu kilometražu. Povećanje potrošnje kod kretanja pod teretom izračunava se pomoću normativa K_2 , koji se odnosi na količinu goriva koja se potroši pri prevozu 1 t na 100 km . Ovaj normativ se mora odrediti u konkretnim uslovima kao i normativ po jedinici pređenog puta. Prema literaturi je K_2 kod benzinskih motora 2,5 [$l/100 tkm$], a kod dizel motora 1,5 [$l/100 tkm$].

Normativ K_3 uzima u obzir dodatnu potrošnju u slučaju prevoza na kratkim udaljenostima do koje dolazi zbog relativno češćeg manevrisanja pri utovaru i istovaru u odnosu na ukupno pređenu kilometražu. U literaturi se može naći da je $K_3 = 0,3$ [l] po turi bez obzira na tip motora i nosivost transportnog vozila. I ovu vrednost treba odrediti u datim uslovima i to za srednje putne uslove i letnji period, kao i normative K_1 i K_2 .

Normiranje potrošnje goriva za različite tipove transportnih vozila i različite vrste transportnog rada može se vršiti na sledeći način:

– teretna transportna vozila sandučari kod kojih se obim transportnog rada izražava u tkm

a) ako je daljina prevoza $\geq 5 km$ normirana potrošnja se računa prema:

$$Q = K_1 \cdot \frac{L}{100} + K_2 \cdot \frac{W}{100} \quad [l]$$

b) ako je daljina prevoza $< 5 km$, normirana potrošnja se računa, uzimajući u obzir sva tri člana, dakle:

$$Q = K_1 \cdot \frac{L}{100} + K_2 \cdot \frac{W}{100} + K_3 \cdot Z \quad [l]$$

- teretna transportna vozila – kiperi: kod kojih su konstantni koeficijenti iskorišćenja pređenog puta $\beta = 0,5$ i iskorišćenja nosivosti $\gamma = 1$. Kod ovih vozila normirana potrošnja može se računati pomoću jednačine:

$$Q = (K_1 + K_2 \cdot q \cdot \beta \cdot \gamma) \cdot \frac{L}{100} + K_3 \cdot Z \quad [l]$$

gde je: q [t] – nosivost kiper vozila

- autovozovi: kamion + prikolica sandučar, za koje se normirana potrošnja goriva izračunava preko dva člana jednačine, ali tako što se kao izvršeni transportni rad u drugom članu uzima obim rada koji je ostvaren celim autovozom (vučno vozilo i prikolica), a za normativ K_2 u prvom članu izračunava se nova vrednost K_{1av} , pri čemu se težina (sopstvena) prikolice tretira kao težina, tj.

$$K_{1av} = K_1 + K_2 \cdot G_{pr} \quad [l/100 km]$$

$$Q = K_{1av} \cdot \frac{L}{100} + K_2 \cdot \frac{W_{av}}{100} \quad [l]$$

- autovozovi: kamion + prikolica kiper, kod kojih treba uzeti u obzir i uticaj nosivosti prikolice kao i njenu sopstvenu težinu G_{pr} . Inače i za ovakve sastave važi $\beta = 0,5$ i $\gamma = 1$. Normirana potrošnja izračunava se preko prvog i trećeg člana jednačine, ali uz uslov da je:

$$K_{1avk} = K_{1k} + K_2 (G_{pr} + 0,5 \cdot q_{pr}) \quad [l/100 km]$$

gde je:

$$K_{1k} = K_1 + K_2 \cdot q \cdot \beta \cdot \gamma$$

Prema tome, normirana potrošnja je:

$$Q = K_{1avk} \cdot \frac{L}{100} + K_3 \cdot Z \quad [l]$$

- laka transportna vozila, autobusi i sva druga vozila (gde je težina tereta od manjeg značaja u odnosu na sopstvenu težinu), za koja normirana potrošnja se računa preko prvog člana jednačine:

$$Q = K_1 \cdot \frac{L}{100} \quad [l]$$

Kod razrade operativnih planova i programa rada koristi se, kao što je već rečeno, specifična potrošnja goriva po jedinici transportnog rada g_t i g_{pu} . Za teretna vozila - kamione koristi se odgovarajuća jednačina za normiranu potrošnju:

$$Q = \left(K_1 \cdot \frac{L}{100} + K_2 \cdot \frac{W}{100} \right) \cdot \rho \quad [l]$$

ρ - zapreminska masa goriva [kg/l]

Obim transportnog rada:

$$W = q \cdot \beta \cdot \gamma \cdot L \quad [tkm]$$

Ako ove izraze uvrstimo u jednačinu:

$$g_t = \frac{Q \cdot 10^3}{W} = \frac{10^3 \left(K_1 \cdot \frac{L}{100} + K_2 \cdot \frac{W}{100} \right) \cdot \rho}{q \cdot \beta \cdot \gamma \cdot L} \quad [gr/tkm]$$

$$g_t = 10 \cdot \rho \left(\frac{K_1}{q \cdot \beta \cdot \gamma} + K_2 \right) \quad [gr/tkm]$$

3.5 Uticaj eksploatacionih faktora na potrošnju goriva

Kretanje transportnog vozila u realnim uslovima praćeno je stalnim promenama brzine kretanja, otpora, pa samim tim i stalnim promenama potrošnje goriva. Jednačina potrošnje goriva pretpostavlja kretanje brzinom $v = const.$ i na putu sa stalnim koeficijentom ψ . To znači da ona ne izražava i uticaje ubrzanja vozila na potrošnju kao što ne uzima u obzir ni uticaj kretanja po inerciji kada motor radi na praznom hodu. Takođe ne uzima u obzir ni uticaj procesa kočenja na stvarnu potrošnju goriva kada motor pretežno radi na praznom hodu. Kretanje u lošim putnim uslovima zahteva manju brzinu, a to znači korišćenje nižih stepena prenosa što se negativno odražava na stepen iskorišćenja snage motora, a time i na potrošnju goriva. Kako o izboru brzine kretanja u datim uslovima što znači i o izboru stepena prenosa i snage koju motor razvija, odlučuje

vozač, treba računati sa bitnim uticajem „subjektivnog faktora“ na ekonomičnost potrošnje goriva. Taj uticaj može da iznosi i $\pm 10\%$ od srednje potrošnje goriva.

Značajan uticaj na stvarnu potrošnju goriva, drugim rečima na potrošnju goriva u realnim eksploatacionim uslovima, ima tehničko stanje motora, prenosnog, upravljačkog mehanizma, pneumatika, sistema za hlađenje i ostalih.

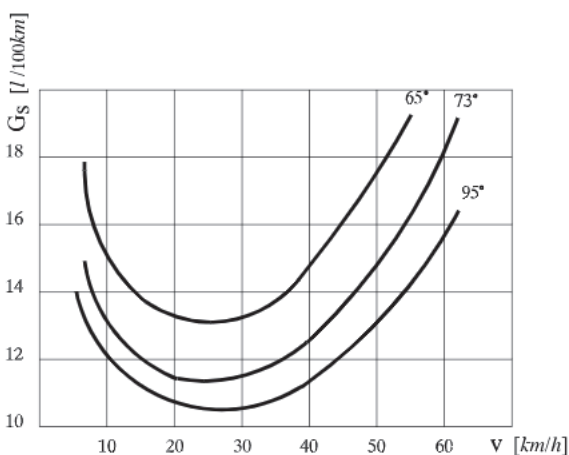
Uzimajući u obzir celinu uticaja eksploatacionih faktora na ekonomičnost potrošnje goriva može se reći načelno da:

- Veća brzina kretanja povećava otpore kretanja, a time i potrošnju goriva. Bolji stepen iskorišćenja snage motora kod kretanja sa većim brzinama svojim uticajem na specifičnu efektivnu potrošnju g_e , u određenoj meri ublažava to povećanje potrošnje.
- Kretanje u lošim putnim uslovima dovodi do povećanja potrošnje goriva, jer korišćenje nižih stepena prenosa dovodi do smanjenja stepena iskorišćenja snage motora.
- Pogoršanje tehničkog stanja izraženo pre svega kroz neispravnosti odnosno poremećaje regulacionih parametara u sistemima za hlađenje dovode do osetnog povećanja potrošnje goriva. Ovde treba pomenuti i uticaj neispravnosti u transmisiji i na točkovima (nepravilno podešeni uglovi, neadekvatan pritisak u pneumaticima) na potrošnju goriva.
- Od niza drugih faktora čiji je uticaj na potrošnju goriva značajan treba pomenuti još temperaturno stanje motora i kvalitet samog goriva: pri tome se misli na rad nedovoljno zagrejanog motora kada je temperatura rashlađene tečnosti niža od potrebne usled čega znatan deo goriva ne ispari, i ne učestvuje u procesu sagorevanja. Ovde je od uticaja i kvalitet samog goriva odnosno njegova kriva destilacije. Kod benzina je od posebnog značaja i njegov oktanski broj, jer korišćenje benzina sa manjim oktanskim brojem od potrebnog dovodi do povećanja potrošnje i za 15%

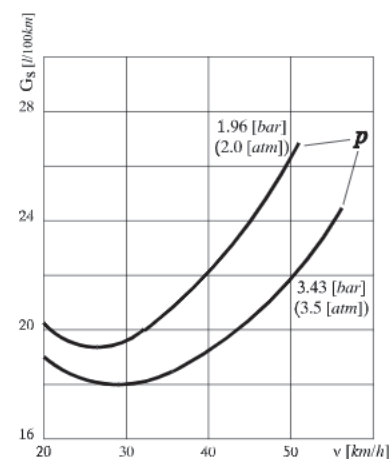
Na narednim slikama (Slika 46 i Slika 47) dati su prikazi uticaja temperature rashladne tečnosti i uticaja pritiska u pneumaticima na potrošnju goriva prema podacima iz literature.

Na potrošnju goriva utiču vrsta i stanje pneumatika. Taj uticaj se izražava preko veličine otpora kotrljanja koji u najvećoj meri zavisi od energije koja se troši na unutrašnje trenje u gumi i kordu i na mehaničko trenje između pojedinih elemenata pneumatika (90 - 95% gubitaka na tvrdom putu). Sa druge strane, otpor kotrljanja predstavlja 70 - 80% (male brzine) i 50 - 60% (srednje brzine 50 - 60 km/h) od ukupnih otpora kretanja. Uticaj otpora kotrljanja na potrošnju goriva zavisi od procenta sa kojim ovaj učestvuje u ukupnim otporima kretanja. Isto tako, zavisi i od stepena opterećenja motora i brzine kretanja vozila.

Kod srednjih uslova eksploatacije i vozila 4x2 smatra se da 1% smanjenja otpora kotrljanja dovodi do smanjenja potrošnje goriva za 0,25% do 0,35%. Kod vučnih vozova ovaj uticaj je još veći zbog boljeg iskorišćenja snage motora i relativno manjeg otpora vazduha.



Slika 46. Uticaj temperature rashladne tečnosti na potrošnju goriva motornog vozila



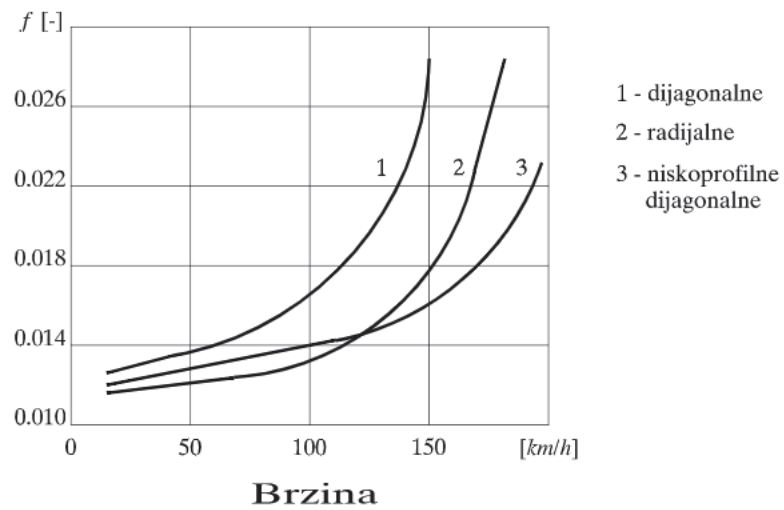
Slika 47. Uticaj pritiska u pneumaticima na potrošnju goriva motornog vozila

Ispitivanjima savremenih pneumatika različitih tipova i maraka utvrđeno je da razlike u otporima kotrljanja mogu biti tolike da mogu dovesti do razlike u potrošnji goriva od 20 - 30% u istim uslovima.

Inače na otpor kotrljanja pneumatika utiču unutrašnji faktori kao što su tip, konstrukcija, sastav gume, materijal korda, ugao nagiba, niti korda u karkasi i protektoru i spoljni faktori brzina, pritisak vazduha, opterećenje točka, temperatura i uglovi usmerenosti točkova kao i istrošenje protektora.

Pneumatici sa istrošenim protektorom imaju za oko 20% manji otpor kotrljanja u odnosu na nove, što dovodi do smanjenja potrošnje za oko 5 - 7%. Ispitivanja su pokazala da smanjena potrošnja goriva zbog istrošenja

protektora može biti i 6,7 – 9,8%. Sasvim je razumljivo da ovo ne znači da treba koristiti pneumatike sa protektorom koji je istrošen.



Slika 48. Zavisnost koeficijenta otpora kotrljanja f od brzine za različite pneumatike