

Mr Slavko Rakić,
kapetan, dipl. inž.
Vojna akademija,
Beograd

ANALIZA PRIMENE TEČNOG NAFTNOG GASA KAO POGONSKOG ENERGENTA MOTORA SUS

UDC: 62-634.2 : 621.43

Rezime:

U svetu su izražene tendencije razvoja motornih vozila koja koriste ekološki čista i dovoljno raspoloživa goriva. Jedan od načina rešavanja aktuelnih zadataka automobilske industrije jeste korišćenje alternativnih goriva, odnosno alternativnih energetske potencijala. U radu je analiziran tečni naftni gas (TNG) kao alternativno gorivo za pogon motornih vozila. Nakon iznošenja osnovnih fizičko-hemijskih karakteristika TNG-a i analize upotrebe gasa kao pogonskog goriva motora SUS, prikazane su i komponente sistema za pogon motora na TNG. Navedeni su i primeri razvijenih zemalja koje pokušavaju da povećaju procenat primene alternativnih goriva u drumskom saobraćaju. Analizirani su, takođe, osnovni pokazatelji motora (snaga, ekonomičnost i ekološke karakteristike) pri pogonu na TNG, koji potvrđuju da je ovo gorivo ekonomičnije i ekološki čistije od benzina i dizel goriva.

Ključne reči: tečni naftni gas, alternativna goriva, performanse motora.

ANALYSIS OF APPLICATION OF LIQUEFIED PETROLEUM GAS AS AN IC ENGINE FUEL

Summary:

Global trends in automotive industry worldwide include development of environment-friendly vehicles which use 'clean' and attainable fuels. Alternative fuels and alternative energy sources represent one solution to the problem. In this paper Liquefied Petroleum Gas (LPG) is analyzed as an alternative fuel for motor vehicle engines. After bringing up basic physical and chemical properties of LPG and the analysis of gas usage as a fuel for internal combustion engines, the general picture of the system components for LPG engine fuels is given. The paper also presents examples of how developed countries try to increase the percentage of alternative fuel usage in the road transportation. Finally, the analysis of the main LPG-powered engine indicators (power, economical and environmental properties) confirms that LPG is more economical and more environment-friendly than standard engine fuels.

Key words: Liquefied Petroleum Gas, alternative fuels, engine properties.

Uvod

Brzi razvoj motorizacije, sve stroži ekološki zahtevi, kao i činjenice da su rezerve fosilnih goriva ograničene, neminovno je doveo i do preispitivanja koja vrsta goriva za motorna vozila, pored dobro poznatog benzina i dizela, mogu zadovoljiti sve oštrije ekološke i bezbedo-

nosne zahteve i tako omogućiti prihvatljiv dalji razvoj drumskog saobraćaja. Pod alternativnim gorivom se, u širem smislu, smatraju goriva koja su u stanju da zamene postojeća klasična goriva za pogon motornih vozila, kao što su motorni benzin i dizel gorivo.

Pažnja se usmerava na različita alternativna goriva: propan-butan, u javno-

sti poznat kao tečni naftni gas (TNG), metanol, etanol, biogas, bio-dizel gorivo i metan, tj. prirodni gas. Kao rešenje za dalju budućnost posebno se istražuje i vodonik koji, gledano sa više aspekata, ima najbolje karakteristike.

Za pogon automobilskih motora, i pored pokušaja primene drugih alternativnih goriva, još uvek dominiraju (sa udelom od preko 98%) goriva fosilnog porekla dobijena frakcionom destilacijom nafte. Prema evropskim planovima razvoja, alternativna goriva trebalo bi da učestvuju u ukupnoj potrošnji goriva u 2020. godini sa 20% [3].

Tečni naftni gas postao je jedno od najvažnijih alternativnih goriva na globalnoj automobilskoj sceni i jedan od najvažnijih faktora za modifikaciju motora sa unutrašnjim sagorevanjem. Sve većim zahtevima za očuvanjem prirode i rigoroznijim normama koncentracije štetnih gasova u vazduhu, TNG bi trebalo da postane jedno od primarnih goriva u auto-industriji, tako da je ekološka preporuka da se TNG svrsta među prioriteta alternativna goriva. Stoga, mnoge evropske zemlje već sada pružaju zakonske olakšice vlasnicima automobila sa pogonom na TNG.

Tečni naftni gas

Tokom destilacije nafte dolazi do izdvajanja pojedinih ugljovodonika (C_nH_m) različite strukture i različitog odnosa ugljenika i vodonika, počev od najlakših frakcija (sa jedan do dva atoma ugljenika C u molekulu ugljovodonika – kao što su metan CH_4 i etan C_2H_6), preko srednjih (kao što su heptan C_7H_{16}

i oktan C_8H_{18}) i teških frakcija (kao što je cetan $C_{16}H_{32}$), do najtežih (kao što su ugljovodonici koji čine mazut). Ugljovodonici između lakih i srednjih frakcija (kao što su propan C_3H_8 i butan C_4H_{10}), na atmosferskom pritisku i normalnoj temperaturi od oko $20^\circ C$, nalaze se u gasovitom stanju, ali pri nešto nižoj temperaturi ili pri nešto višem pritisku u rezervoaru ostaju u tečnom stanju. Mešavine tih frakcija čine tzv. tečne naftne gasove.

Naziv „tečni naftni gas“ ili na engleskom „Liquefied Petroleum Gas“ (LPG), koristi se za komercijalnu mešavinu propana i butana u različitim odnosima, pa se pored toga često naziva i propan-butan gas. Pored ovih zasićenih ugljovodonika (tzv. parafina) u mešavini koja čini tečni naftni gas nalaze se i primese drugih ugljovodonika, pre svega nezasićeni ugljovodonici (tzv. olefini) propilen C_3H_6 i butilen C_4H_8 , kao i izomeri ovih ugljovodonika. Tečni naftni gas dobijen izdvajanjem iz prirodnog gasa (na ovaj način se dobija približno 60% svetske proizvodnje TNG) uglavnom poseduje ugljovodonike parafinskog tipa, dok TNG dobijen preradom nafte (približno 40% svetske proizvodnje) ima i nezasićene ugljovodonike. Tačan sastav komercijalnog TNG zavisi ne samo od načina dobijanja, već i od željenih karakteristika mešavine, odnosno temperaturnih uslova eksploatacije motora. Za niže temperature i hladnije regione, pogodniji je naravno propan (zbog lakše isparljivosti) i obrnuto. Zbog toga odnos propana i butana u TNG može biti različit. U našoj zemlji taj odnos je približno 50:50.

Fizičko-hemijske karakteristike TNG-a

Tečni naftni gas je bezbojan, veoma zapaljiv i eksplozivan gas, karakterističnog mirisa. Smeša propana i butana je gotovo dva puta teža od vazduha. Spada u grupu običnih zagušljivaca, jer svojim prisustvom istiskuje kiseonik. Nije otrovan, ali u većim koncentracijama u vazduhu deluje kao anestetik i čak može da prouzrokuje gušenje usled nedostatka kiseonika. Posebno treba biti oprezan da TNG ne dođe u dodir sa kožom, jer će, usled intenzivnog isparavanja na koži, lokalno prouzrokovati promrzline. Vrlo je agresivan, tako da izaziva degradacije gume i plastike. Zato se pri formiranju gasne instalacije mora voditi računa o izboru materijala. Sa vazduhom stvara eksplozivne smeše koje se lako mogu zapaliti u prisustvu otvorenog plamena. Granice eksplozivnosti u zapreminskim procentima gasa sa vazduhom za propan iznose od 2,1 do 9,5 a za butan od 1,9 do 8,5. Donja granica eksplozivnosti za smešu propan-butan (35:65) iznosi 2%, a gornja 9% relativnog zapreminskog prostora. Tečni naftni gas burno sagoreva, oslobađajući ugljen-dioksid i vodenu paru, pri čemu se oslobađa i velika količina toplote. Najviša temperatura plamena sagorevanja smeše propana i butana sa vazduhom je oko 1900°C.

Jedna od glavnih karakteristika butana i propana je pritisak pare koja je u ravnoteži sa tečnošću u zatvorenom prostoru, npr. pritisak pare butana je 0,005 bara na 0°C i 0,8 bara na 15°C, dok je pritisak pare propana 4 bara i 5–6 bara, respektivno. Druga veoma bitna karakteristika po kojoj se ova dva gasa razlikuju

je tačka ključanja, tj. temperature na kojoj iz tečnog stanja, butan i propan prelaze u gasovito. Propan prelazi u tečno agregatno stanje na – 43°C, dok butan prelazi u tečno agregatno stanje na 0°C.

Ukoliko se TNG koristi za široku potrošnju, dodaje mu se etil-merkaptanom, organsko jedinjenje koje sadrži sumpor, tako da se veoma male koncentracije gasa u vazduhu mogu identifikovati putem čula mirisa. Maksimalno dozvoljena koncentracija u radnoj okolini za propan iznosi 1800 mg/m³, a za butan 1900 mg/m³.

Kod potpunog sagorevanja TNG-a produkti sagorevanja su ugljen-dioksid (CO₂) i vodena para (H₂O) uz oslobađanje određene količine toplote. Za potpuno sagorevanje potrebna je tačno određena količina kiseonika, odnosno vazduha i takav vid sagorevanja nazivamo stehiometrijski. Tablični podaci govore da je za sagorevanje 1 kg propana potrebno 12,15 m³ vazduha, a butana 12,02 m³. Donja toplotna moć propana je 46,3 MJ/kg, a butana 45,7 MJ/kg.

Tečni naftni gas koristi se kao pogonsko gorivo u industriji i domaćinstvu, a poslednjih godina se sve više koristi kao pogonsko gorivo za motorna vozila. Zato ga mnogi nazivaju autogas i smatraju ga idealnim gorivom za pogon motornih vozila, jer ne stvara taloge u radnom prostoru motora, poseduje oktanski broj mnogo veći od oktanskog broja benzina, ima nižu tačku isparenja, pa se bolje meša sa vazduhom i ima širu granicu upaljivosti, što pre svega omogućava rad motora sa znatno siromašnijom smešom. Veoma značajna prednost TNG-a u odnosu na klasična goriva je i činjenica da izduvni gasovi (produkti sagorevanja)

TNG-a znatno manje degradiraju životnu okolinu. Znatno je jeftiniji od benzina i produžava radni vek motora, jer ne stvara koroziju koja, inače, nastaje usled prisustva aditiva dodatih benzinu radi poboljšanja njegovih osobina. Takođe, ne stvara kondenzaciju goriva po zidovima cilindra.

Primena TNG-a na vozilima sa stanovišta bezbednosti

Ipak, bez obzira na mnoge prednosti TNG-a u odnosu na klasična goriva, postoje predrasude i verovanja da je TNG veoma opasno gorivo. Tačno je da je rizičnija i otežana manipulacija, distribucija i uskladištenje TNG-a u odnosu na dizel gorivo i benzin. Sve to zahteva poznavanje osnovnih karakteristika mešavine propana i butana i striktnu primenu mera bezbednosti. Primenom tih mera u potpunosti se otklanja rizik, jer je radni pritisak u rezervoaru u normalnim okolnostima malo viši od pritiska u bojleru za toplu vodu. Na rezervoaru se obavezno nalazi sigurnosni ventil preko koga se ispušta gas iz rezervoara van vozila, kada pritisak u rezervoaru prelazi dozvoljeni nivo. Protok gasa kroz ovaj ventil je ograničen. Zato, u slučaju požara, kada se rezervoar zagreva, neće doći do eksplozije, već će gas postepeno isticati. Za razliku od rezervoara za TNG, rezervoar za benzin vrlo lako eksplodira na povišenim temperaturama usled prisustva pare benzina. Rezervoari se prave od specijalnog čeličnog lima debljine 3 do 4 mm, specijalnog anatomskog oblika u obliku valjka, koji je gotovo nemoguće deformisati pri sudarima.

Eksplozija autogasa je moguća samo pri koncentraciji gasa od 2 do 9% relativnog zapreminskog prostora, što je praktično nemoguće postići na otvorenom prostoru gde se automobil kreće. Ako se ošteti cevovod za benzin, ovo veoma isparljivo i zapaljivo gorivo nesmetano isticke za razliku od TNG-a, jer postoje ugrađeni ventili sigurnosti koji će sprečiti isticanje gasa u slučaju oštećenja cevovoda od rezervoara do motora.

Eksplozivna smeša TNG-a i vazduha može se stvoriti u malom zatvorenom prostoru u koji se parkiraju vozila koja koriste ovo gorivo. To se posebno odnosi na male, neprovetravane, posebno podzemne garaže. Ova opasnost uspešno se odstranjuje sa samo dva otvora za prirodnu ventilaciju u donjem delu nadzemnih garaža ili ugradnjom elektroventila novije generacije koji će sprečiti gubitak gasa kada se motor isključi.

Primena TNG-a kao pogonskog goriva za motore SUS

Da bi TNG mogao da se koristi za pogon motora SUS potrebno je da zadovoljava određene zahteve u smislu kvaliteta, kako bi motori mogli kvalitetno da obavljaju svoju funkciju. Načelno, karakteristike koje određeno gorivo mora da zadovolji, date su u sledećim crtama:

- velika brzina sagorevanja,
- visoka energetska svojstva, visoka donja toplotna moć (H_d),
- lako obrazovanje smeše na svim radnim režimima, a naročito pri niskim temperaturama,
- povoljne antidetonacione karakteristike,

- gorivo mora biti hemijski stabilno i ne sme izazivati koroziju,
- ne sme posedovati sastojke koji pri sagorevanju proizvode štetne i toksične komponente,
- mora biti pogodno za skladištenje i manipulaciju,
- mora imati ekonomski prihvatljivi cenu.

Uzimajući u obzir činjenice iz uvodnog dela, kao i one koje će kasnije biti obrađene, zaključak je da TNG predstavlja jednu od najpovoljnijih varijanti za pogon motora SUS. Treba naglasiti da prethodne karakteristike u potpunosti ne može zadovoljiti nijedna vrsta pogonskog goriva.

Primena tečnog naftnog gasa u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem vrlo je pogodna iz sledećih razloga:

- brzo i lako se meša sa vazduhom, pa jednostavno obrazuje smešu potrebnih karakteristika,
- kvalitetno sagorevanje smeše pri različitim radnim uslovima (sagorevanje bez dima, taloga i neprijatnih mirisa),
- produkti sagorevanja imaju povoljan sastav, čak i u pogledu emisije CO₂, koja je, takođe ograničena najnovijim zakonskim propisima,
- poseduju visoku otpornost na detonaciju, pa dopuštaju rad sa višim stepenima kompresije, što je značajno za primenu u benzinskim motorima,
- u normalnim uslovima nalaze se u gasnom stanju, pa ne stvaraju kondenzat, tako da ne postoji opasnost od razređivanja ulja za podmazivanje,
- niska cena komercijalnog TNG-a za vozila čini ga veoma atraktivnim, kako za komercijalni, tako i za privatni sa-

obraćaj i omogućava veoma brzi povratak sredstava uložениh u dopunsku nadgradnju vozila.

Pored iznetih prednosti primene TNG-a na motorima SUS, postoje i određeni nedostaci pri primeni ovog energenta. To su:

- gubitak efektivne snage motora,
- otežana manipulacija, distribucija i uskladištenje ovog energenta,
- neophodna veća opreznost u eksploataciji pri radu sa TNG-om,
- smanjenje smeštajnog prostora vozila, kao i povećanje njegove mase zbog instalacije sistema za pogon na TNG.

Veći deo vozila koja koriste TNG su laka vozila i to, pre svega, vozila koja su dobijena nadogradnjom postojećih benzinskih motora sistemom za pogon na TNG. U tom slučaju oto motor zadržava sistem obrazovanja smeše benzinom (bilo karburacijom bilo ubrizgavanjem benzina), dok se motoru dodaje sistem za obrazovanje smeše sa TNG-om. Ako je benzinski motor sa karburatorom, sistem za doziranje čini mešač, koji se ugrađuje ispred, iza ili u sam karburator, i koji vrši pneumatsko odmeravanje količine doziranog gasa na sličan način kao i sam karburator. Ako je benzinski motor sa ubrizgavanjem benzina, TNG se dozira preko posebnih „brizgača“, dok se količina doziranog goriva odmerava pomoću elektronsko-upravljačke jedinice. Uglavnom, sva su ta vozila izrađena u tzv. bi-fuel (dvogorivoj) verziji, odnosno mogu kao pogonsko gorivo da koriste benzin ili TNG. Istovremen rad sa oba goriva (duži od 5 sekundi) nije predviđen.

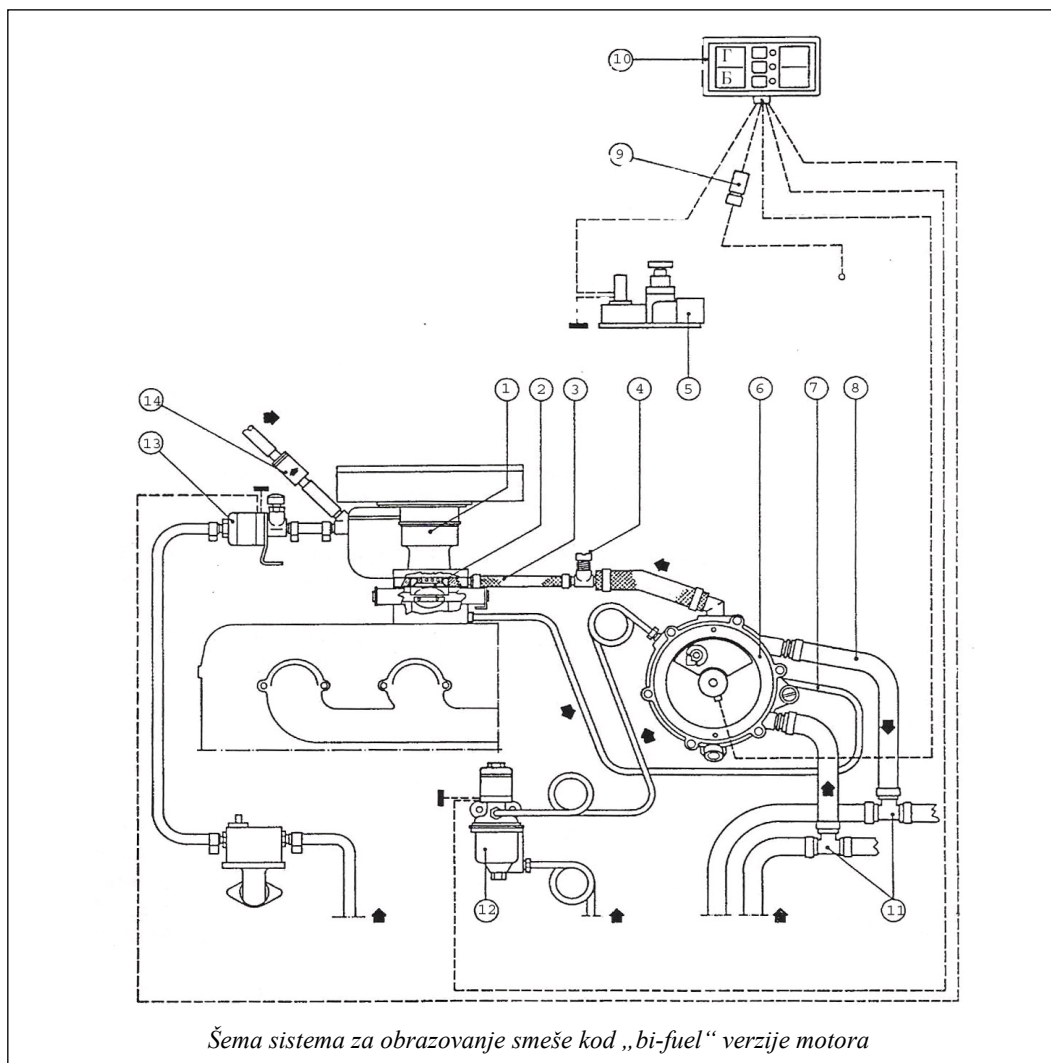
Pored izuzetno masovne postprodajne ugradnje sistema koji omogućava-

ju korišćenje TNG-a kao pogonskog energenta vozila sa benzinskim motorima, vodeći svetski proizvođači automobila (Renault, Vauxhall, Ford, Volvo, Fiat, Daimler Crysler, GM i Rover) sa svojih proizvodnih traka isporučuju vozila sa već fabrički implementiranim sistemom na TNG i benzin. Tada je sistem za obrazovanje smeše optimalno fabrički podešen i performanse motora su najbolje.

Komponente sistema za obrazovanje smeše sa TNG-om

Jedan od sistema za obrazovanje smeše sa benzinom i TNG-om primenjen kod „bi-fuel“ verzije motora šematski je prikazan na slici.

Tečni naftni gas u tečnom stanju nalazi se u rezervoaru. Gas je pod određenim pritiskom, koji varira u zavisnosti od spoljne temperature i od količine gasa u rezervoaru. Radni pritisak gasa u rezervo-



aru kreće se od 6 do 10 bara. Rezervoar se konstruiše i izrađuje po odgovarajućem standardu (JUS M.Z2.570 iz 1984. godine), kako bi se povećala bezbednost sistema sa TNG-om. Iako je prema pomenu tom standardu dozvoljena izrada rezervoara cilindričnog oblika, na tržištu se sreću i rezervoari u obliku rezervnog točka. Rezervoari se pune gasom do 80% svoje zapremine, dok preostalih 20% zapremine predstavlja neophodnu rezervu u slučaju širenja gasa na povišenim spoljnim temperaturama. Rezervoari koji se koriste u vozilima obavezno moraju imati odgovarajuću pločicu utvrđenu na spoljnoj strani rezervoara, kojom se potvrđuje da je izvršeno atestiranje rezervoara.

Tečni naftni gas pod pritiskom u tečnom stanju, kroz bakarnu cev, dolazi do isparivača (6) koji je ujedno i reduktor. Isparivač je crevima povezan sa sistemom hlađenja motora, tako da topla tečnost iz motora neprekidno struji oko njega i zagreva tečni gas koji isparava. Za ovaj proces je, dakle, potrebno obezbediti toplotu, s obzirom na to da svaka tečnost tokom procesa isparavanja oduzima toplotu od okoline. Može se zaključiti da reduktor-isparivač (6) ima zadatak da omogući isparavanje tečnog gasa i njegovo zagrevanje do određene temperature, kao i smanjivanje pritiska gasa iz rezervoara na pritisak potreban za napajanje motora dovoljnom količinom gasa. Pritisak se smanjuje na oko 0,8 bara.

Elektromagnetni ventil za gas (12) je ventil čiji je zadatak da otvara i zatvara dovod TNG-a iz rezervoara prema komandama birača goriva – komutatora. Elektromagnetni ventil za benzin (13) instalira se na vodu između pumpe niskog pritiska za benzin i karburatora. Njegova

uloga je da spreči dotok benzina u lonče karburatora kada motor radi na gas. Princip rada je isti kao i kod ventila za gas.

Komutator – prekidač (10) je električni komandni uređaj, čija je glavna funkcija da omogućava odabir pogonskog goriva (gas ili benzin) i u pojedinim izvedbama ima opciju pokazivanja nivoa goriva u rezervoaru pomoću svetlećih dioda. Ovaj deo sistema postavlja se na odgovarajućoj poziciji instrument-table, na pregledno i lako pristupačno mesto.

Iz isparivača gas se odvodi u tzv. mešač koji se nalazi na grlu karburatora ili na usisnoj grani, ispred leptira. Iz njega se gas raspršuje u karburator ili u usisnu granu, posle čega se obrazuje smeša goriva i vazduha. Izbor mešača vrši se prema konkretnom motoru, kako bi se obezbedilo adekvatno napajanje motora gorivom. Dakle, mešači ili mikseri (2) su uređaji koji omogućavaju mešanje gasa i vazduha, odnosno pripremanje smeše za sagorevanje u radnom prostoru motora.

Analiza primene TNG-a sa aspekta razvijene snage, ekonomičnosti i toksičnosti izduvne emisije motora

Tri osnovna pokazatelja motora, od kojih zavisi njihova upotreba su: snaga (koju motor preko zamajca predaje potrošaču), ekonomičnost i toksičnost izduvnih gasova.

U razvijenim sredinama ekologija je osnovni razlog ugradnje sistema sa TNG-om u motorna vozila. Ipak, ne treba zaboraviti ni ekonomske prednosti kada je u pitanju niža cena pogonskog energenta, koja će zasigurno biti od odlučujućeg značaja za većinu vozača.

Karakteristika snage motora pri pogonu na TNG

Indicirana snaga motora (P_i) je snaga koju motor razvija u svojim cilindrima za vreme radnih ciklusa, dok je efektivna snaga motora (P_e) snaga koju motor razvija na svom izlaznom vratilu (ili zamajcu) i koju potrošač može efikasno iskoristiti. Efektivna snaga motora je manja od indicirane snage motora za deo indicirane snage koji se troši na savlađivanje unutrašnjih mehaničkih gubitaka u motoru. Taj deo indicirane snage koji se nepovratno gubi predstavlja snagu mehaničkih otpora motora (P_m).

Ako se posmatra izraz (1) za efektivnu snagu motora (P_e) vidi se da je P_e direktno proporcionalna srednjem efektivnom pritisku (p_e), radnoj zapremini motora (V_h) i broju obrtaja motora (n), a obrnuto proporcionalna taktnosti motora (τ).

$$P_e = \frac{p_e \cdot V_h \cdot n}{300\tau} \quad (1)$$

Teorijski gledano, povećanje snage je moguće povećanjem jednog od navedenih proporcionalnih faktora. Međutim, u praksi je povećanje veličina nekih faktora limitirano bilo konstrukcijom motora, bilo upotrebljenim materijalima, bilo elementima koji određuju veličinu prostora motora, odnosno njegovu cenu. Jedna od mogućnosti za povećanje snage motora je u povećanju srednjeg efektivnog pritiska. Srednji efektivni pritisak, odnosno razvijeni efektivni rad na zamajcu po jedinici radne zapremine predstavlja se sledećim izrazom:

$$p_e = \eta_m \cdot \rho_s \cdot \eta_v \cdot \frac{\eta_i}{\lambda} \cdot \frac{H_d}{L_{min}} \quad (2)$$

Dakle, parametri koji utiču na srednji efektivni pritisak, a time i na efektivnu snagu motora su:

1. Odnos donje toplotne moći H_d prema minimalnoj teoretskoj količini vazduha, neophodnoj za potpuno sagorevanje L_{min} , približno je konstantan za ugljovodonična goriva, jer gorivo veće toplotne moći poseduje i veću teorijsku potrebnu količinu vazduha. Pri poređenju ovog odnosa između ugljovodoničnih goriva, kao što su benzin i TNG, mala prednost ovog odnosa ide na stranu TNG-a. Međutim, prednost nije toliko velika kada se ima u vidu činjenica da se samo jedan manji deo toplote efektivno iskoristi za razvijanje snage motora i to 23–30% kod otopotora i 30–50% kod dizel motora.

2. Gustina svežeg punjenja bitno utiče na razvijeni rad. Ona je data jednačinom stanja $\rho_s = p/R \cdot T$, gde su p i T pritisak i temperatura u usisnom kolektoru motora. Prethodni izraz ukazuje na značaj natpunjenja motora kojim se pre svega povećava gustina sveže smeše, odnosno pritisak u usisnom kolektoru. Međutim, povećanje specifičnog rada nije proporcionalno pritisku natpunjenja, jer paralelno sa porastom pritiska iza kompresora sistema natpunjenja raste i temperatura punjenja. Dopunskim međuhlađenjem punjenja nakon kompresora rešava se ovaj problem, tako da se smanjenjem termičkih naprezanja pri istom pritisku natpunjenja dobija znatno veća gustina punjenja, a time i razvijeni rad. Imajući u vidu da je gustina benzina znatno veća od gustine TNG-a pri referentnim uslovi-

ma, kao i to da je benzin pogodniji od TNG-a za primenu u sistemu natpunjenja, parametar gustine (ρ_s) daje benzinu veću prednost u odnosu na TNG za stvaranje veće snage.

3. Stepenn punjenja (η_v) motora, takođe, direktno utiče na razvijeni rad. Smanjenjem otpora usisavanja, otpora izduvavanja i nepotrebnog zagrevanja svežeg punjenja, postiže se veći stepenn punjenja, a time i veća snaga.

4. Mehanički stepenn korisnosti (η_m) direktno utiče na razvijenu snagu i zavisi od konstruktivnih, proizvodnih i eksploatacionih faktora koji utiču na mehaničke gubitke u motoru.

5. Postignuti indicirani stepenn korisnosti (η_i), pri datom sastavu smeše (λ), takođe direktno utiče na razvijeni rad, odnosno snagu motora.

Analizirajući parametre koji utiču na efektivnu snagu motora koji zavise od korišćene vrste pogonskog goriva, dolazi se do zaključka da benzin u odnosu na TNG ima bolje karakteristike za razvijanje veće snage motora. U principu, snaga motora koji koristi TNG je niža od snage benzinskog motora za 5 do 10%, pre svega zbog manjeg koeficijenta punjenja motora. U skladu sa poslednjim testovima, za većinu benzinskih motora koji su nadograđeni sistemom za obrazovanje smeše sa TNG-om, važi gubitak snage pri pogonu na TNG od 5 do 15%.

Iskustva su pokazala da se kod modifikacije postojećeg benzinskog motora u „bi-fuel“ verziju, ugradnjom sistema za TNG, uglavnom ne poklanja mnogo pažnje optimizaciji sistema sa stanovišta brzinskih karakteristika motora pri korišćenju obe vrste goriva. Negativan uticaj na optimizaciju sistema ima i korišćenje

komponenti sistema za TNG od različitih proizvođača, pre svega mešača čiji je uticaj na optimalan rad sistema značajan.

Rezultati sprovedenih ispitivanja [2] na karburatorskom motoru i motoru sa ubrizgavanjem benzina potvrdili su da ugradnjom sistema za TNG dolazi do degradiranja brzinskih karakteristika motora sa pogonom na benzin. Optimizacijom sistema, odnosno mešača, kao dela sistema, za svaki motor, odnosno vozilo, može se znatno ublažiti ovakav negativan uticaj, ali uglavnom na štetu brzinskih karakteristika pri radu motora na TNG. Zato se kod optimizacije sistema mora voditi računa o nameni vozila, odnosno o preovlađujućem gorivu u toku eksploatacije (benzin ili TNG). Ukoliko se sagledavaju efekti ugradnje sistema za TNG, na motor sa karburatorom ili sa ubrizgavanjem goriva postignuti su bolji rezultati kod motora sa ubrizgavanjem kako pri ispitivanju na motorskoj kočnici, tako i u eksploatacionim uslovima, a takođe je bolje podešavanje i održavanje sistema. Odnosno, veći gubitak snage motora najviše se oseti kod motora sa karburatorom, i to je obično između 15 i 20%. Kod nešto savremenijih agregata sa elektronskim ubrizgavanjem goriva, u jednoj tački usisnog kolektora (singl point injection motori), doziranje, odnosno mešanje gasa i vazduha je preciznije, odziv na pritiskanje regulacionog organa je osetno bolji, a gubitak snage je često i do 11%. Kod motora sa plastičnom usisnom granom moguće je ugraditi samo najskuplji, a ujedno i najbolji sistem sa direktnim ubrizgavanjem gasa u usisnu granu, za svaki cilindar posebno. Gubitak snage je u ovom slučaju minimalan, a potrošnja gasa u odnosu na benzin tada je veća samo za oko 10%.

Kod nadograđenih dizel motora sa pogonom na TNG, maksimalni gubici snage pri pogonu na TNG iznose i do 30%.

Ekonomičnost primene TNG-a kao pogonskog energenta motora

Analizu ekonomičnosti primene TNG-a, kao pogonskog energenta motora, moguće je vršiti na nekoliko načina. Jedan od načina se odnosi na analizu potrošnje TNG-a kao pogonskog goriva motora i definiše se specifičnom efektivnom potrošnjom goriva g_e [g/kWh], koja je obrnuto proporcionalna efektivnom stepenu korisnosti motora (η_e). Drugi način analize odnosi se na analizu cene TNG-a na tržištu, kao i cene nadogradnje sistema za pogon na TNG kod „bi-fuel“ verzije motora.

S obzirom na to da je efektivni stepen korisnosti veći kod motora čiji je pogonski energent benzin u poređenju sa TNG-om, to će i specifična efektivna potrošnja benzina biti manja u odnosu na TNG. Ako se posmatra potrošnja goriva motora na pređenih 100 km motornog vozila, povećanje potrošnje TNG-a u odnosu na benzin iznosi 10–15%.

S druge strane, cena litra propan-butan goriva (TNG-a) u svim državama Evrope, kretala se u rasponu 40–65% cene litra benzina. Kako se cena benzina menjala, tako se menjao i taj odnos, ali nikada drastično. Uz trenutnu cenu litra bezolovnog motornog benzina (BMB) 95 od 89,00 din/l i cene TNG-a od 45,00 din/l, lako je izračunati kako je TNG kao pogonsko gorivo od benzina jeftiniji za oko 50%!

Dodamo li i ovu stavku u računicu, sledi da se ušteda zaokružuje na oko 40% pri pogonu na TNG (sa stanovišta potroš-

nje i cene TNG-a u odnosu na benzin). Tako će se kroz određeni broj pređenih kilometara sa nadograđenim vozilom na TNG isplatiti cena ugradnje dotičnog sistema. Nakon toga vožnja će biti znatno jeftinija, a zagađenje okoline izduvnim gasovima manje.

Ugradnja instalacije za pogon vozila na TNG kod nas košta između 180 i 1000 evra. Cena instalacije zavisi prvenstveno od vrste sistema za dovod goriva, kao i od radne zapremine motora. Najjeftinija je ugradnja instalacije na vozila opremljena karburatorskim motorom, a najskuplja je ugradnja na vozila opremljena savremenim sistemima za ubrizgavanje goriva.

Postoji nekoliko proračuna koji govore o ekonomskoj isplativosti ugradnje samog sistema na motornom vozilu. Pri pomisli na nadogradnju vozila za pogon na TNG, veoma je praktično da se izbor analizira uzimajući u obzir troškove. Jedan od lakših načina analize ekonomske isplativosti ugradnje sistema sa TNG-om na postojeće vozilo, koji je primeren svakodnevnoj upotrebi, može se uraditi korišćenjem sledeće formule:

$$K = \frac{TU}{(Cb \cdot Pb) - (Cp \cdot Pp)} \cdot 100 \text{ [km]} \quad (3)$$

gde je:

K – broj kilometara nakon kojih počinje ušteda,

TU – troškovi ugradnje (u dinarima),

Cb – cena benzina,

Pb – potrošnja benzina (l/100 km),

Cp – cena TNG-a,

Pp – potrošnja TNG-a (l/100 km).

Iz formule (3) može se zaključiti da će se ugradnja sistema na TNG isplatiti pri manjem broju pređenih kilometara ukoliko su manji troškovi ugradnje sistema, što je veća razlika u ceni između benzina i gasa i što je veća potrošnja goriva.

Postavlja se pitanje nakon kog će se vremena isplatiti ugradnja, tj. kad će vožnja postati ekonomična. Ovo se izračunava ako se podeli broj dobijenih kilometara (K) sa kilometrima koje u vožnji na TNG pređe vozilo za godinu dana (K')

$$V = \frac{K}{K'}$$

U nastavku se daje primer za izračunavanje ekonomičnosti nadogradnje sistema za obrazovanje smeše sa TNG-om na postojećem benzinskom karburatorskom motoru na bazi trenutnih cena, tj. cene sistema za pogon na TNG, kao i cena TNG-a i BMB 95.

Primer:

Cena benzina BMB 95: $C_b = 89,00$ din;

Cena TNG-a: $C_p = 45,00$ din;

Potrošnja benzina: $P_b = 8,9$ l / 100 km;

Potrošnja TNG-a: $P_p = 10,30$ l / 100 km;

Troškovi ugradnje $TU = 15\,000$ din (prosečna cena nadogradnje sistema sa TNG-om na benzinskom karburatorskom motoru u licenciranom preduzeću).

Ako podatke unesemo u formulu (3) dobijamo:

$$K = \frac{15\,000}{(89,00 \cdot 8,9) - (45 \cdot 10,30)} \cdot 100 = 4565 \text{ [km]} \quad (4)$$

To znači da će se prema današnjim cenama troškova nabavke i ugradnje sistema na TNG kod postojećeg benzinskog karburatorskog motora, isplativost nadogradnje realizovati nakon pređenih 4565 km nadograđenog vozila ili ukoliko vozilo prelazi u proseku 10 000 km godišnje, otplata će se realizovati nakon 5,5 meseci:

$$V = \frac{4565}{10\,000} = 0,46 \text{ [godina]} \quad (5)$$

Prema tome, ugradnja i eksploatacija vozila na tečni naftni gas brže se isplati ukoliko vozilo prelazi više kilometara na godišnjem nivou. Na Zapadu veći poslovni sistemi sa većim voznim parkom već na početku investiraju u automobile sa fabrički ugrađenim sistemom na TNG.

Ekonomičnost rada motora zavisi i od oktanskog broja samog goriva koje se koristi za njegov pogon. Motor pri pogonu sa TNG-om može da radi sa većim stepenom kompresije, jer je rizik od detonatnog sagorevanja pri korišćenju TNG-a manje izražen zbog povoljnijih antidetonacionih karakteristika u poređenju sa benzinom. Kao što je poznato, sa povećanjem stepena kompresije motora povećava se ekonomičnost motora i njegov srednji efektivni pritisak, snižavaju se temperature izlaznih gasova, itd.

Stepen kompresije i maksimalni pritisak u cilindru motora su veličine koje konstruktoru motora određuju osnovne parametre za proračun materijala motora, čvrstoće materijala i sl., što, takođe, utiče na samu cenu izrade motora, a time i na ekonomičnost njihove proizvodnje.

Povoljnije antidetonacione karakteristike TNG-a radi povećanja ekonomičnosti rada motora nije moguće iskoristiti kod benzinskog motora sa nadograđenim sistemom za TNG, s obzirom na to da je konstrukcija takvog motora sa niskim stepenom kompresije prilagođena, pored ostalog, i lošijim antidetonacionim karakteristikama benzina.

Ekološke performanse motora pri pogonu na TNG

Mnoga ispitivanja i izrađene studije potvrdile su praktične i relativno jeftine mogućnosti poboljšanja kvaliteta vazduha, posebno u gradskim sredinama, pri korišćenju vozila sa pogonom na TNG. Sa ekološkog aspekta, TNG je vrlo pogodno gorivo. Gotovo potpuno sagoreva, produkti nepotpunog sagorevanja (ugljen-monoksid, ugljikovodonici, čađ i čestice) nastaju u zanemarivim količinama. U produktima sagorevanja dominira vodena para, a ne ugljen-dioksid. Snižena je emisija oksida azota, a u sastavu gasova nema olovnih i sumpornih jedinjenja. U radu koji je tretirao zagađenost vazduha u Londonu, izneseni su podaci da jedno vozilo koje koristi dizel gorivo za svoj pogon emituje čestice (fine particles) čak u iznosu kao 120 vozila koja koriste TNG za svoj pogon i istu količinu NO_x kao 20 vozila na pogon sa TNG-om [3].

U odnosu na odgovarajuće benzinske motore, emisija CO i HC je manja zbog boljeg obrazovanja smeše i mogućnosti rada sa siromašnom smešom, dok je emisija NO_x manja zbog manjih maksimalnih temperatura sagorevanja. Ugljovodonici koji se emituju nakon sagorevanja meša-

vine TNG-a i vazduha ne sadrže benzen, 1,3-butadien, formaldehid, acetaldehide i ostale aromatične polimere koji se nalaze u zelenom benzinu. Ove supstance su opasne i veoma kancerogene.

U tabeli 1 date su vrednosti emisije toksičnih materija za slučajeve pogona na benzin i TNG. Bez obzira na manju preciznost doziranja goriva, sistemi prve generacije pogona motora na gas imali su značajne prednosti u odnosu na karburatorske motore u pogledu emisije toksičnih komponenata (tabela 1).

Tabela 1 [5]

		Benzin	TNG	Razlika [%]	Dozv. vrednosti (ADR 27)
CO	[g/km]	16,6	1,3	-92	24,2
HC	[g/km]	1,4	0,9	-38	2,1
NO _x	[g/km]	1,6	1,3	-22	1,9
CO (praz. hod)	%	1,8	0,1	-95	-
Potrošnja goriva	l/100 km	17,2	23	34	-
	kg/100 km	12,9	11,7	-9	-

Poošttravanjem zakonskih propisa o emisiji toksičnih komponenata javila se potreba uvođenja elektronski upravljanih sistema za ubrizgavanje goriva kod oto motora (EFI – sistemi), što je neminovno dovelo do odgovarajućih izmena u sistemima za napajanje ovakvih motora gasom.

Najjednostavnija moguća varijanta jednog takvog sistema je, svakako, koncept sa reduktorom – isparivačem i mešačem konstantnog protočnog preseka kakav se koristi kod karburatorskih motora. U ovom slučaju mešač se postavlja u usisni vod ispred prigušnog leptira, a radi obezbeđivanja regularnog rada elektronske upravljačke jedinice (EUI) u si-

stem se postavlja emulator čija je uloga da simulira rad brizgača. Ranije istaknuta nepreciznost doziranja gasovitog goriva ovakvog sistema i nemogućnost korišćenja mapa upravljanja EUJ predstavlja značajan nedostatak, zbog čega njegova primena nije racionalna. Radi otklanjanja navedenih nedostataka kod ovih sistema uobičajena je primena elektronski upravljanih ventila za gas i aktuatora, koji se postavljaju između isparivača i mešača (sistemi: Eurogas Landi Renzo, AG Autogas ALC, BRC LPGas Koltec i sl.). Radom ventila upravlja posebna EUJ koja je spojena sa EUJ-om za rad sa benzinom radi korišćenja signala sa odgovarajućih davača: broja obrtaja, lambda – sonde, položaja leptira, pritiska u usisnom vodu i drugih davača bitnih za optimalno upravljanje doziranjem gasovitog goriva. Ovakav koncept pogona na gas omogućava projektovanje vozila sa gasom kao jedinim gorivom (Single Fuel – SF), kod kojih je moguće iskoristiti neke od prednosti TNG-a, kao što je rad sa većim vrednostima stepena kompresije zbog njegove veće otpornosti na detonantno sagorevanje. U tabeli 2 upravo su date karakteristike ovakvih vozila po sadržaju toksičnih komponenata u izduvnim gasovima motora.

Tabela 2 [5]

	HC [g/km]	CO [g/km]	NO _x [g/km]	CO ₂ [g/km]
Benzin	0,059	0,55	0,069	328
SF LPG	0,047	1,39	0,009	292
Razlika	-17%	153%	-87%	-11%
Dozv. vrednosti (ADR 37/01)	0,5	6,2	1,4	-

Najveće mogućnosti u pogledu kompleksnosti upravljanja sastavom smeše i ostalim bitnim motorskim parametrima pružaju sistemi sa ubrizgavanjem gasa koji, analogno sistemima za ubrizgavanje benzina, mogu biti izvedeni u varijantama: centralnog (SPI) i ubrizgavanja po svim cilindrima (MPI). Sistemi MPI mogu se realizovati kao kontinualni, vremenski simultani i sekvencijalni. Većina navedenih sistema projektovana je za ubrizgavanje TNG-a u gasovitom stanju, ali neki proizvođači (Viale, Tartarini) nude i sisteme sa ubrizgavanjem gasa u tečnoj fazi. Pored precizne elektronske regulacije i upravljanja u zatvorenoj konturi, značajna prednost ovakvih sistema je i mogućnost izvođenja kao jednogorivih sa pogonom na gas (dedicated) ili dvogorivih (gas-benzin) („bi-fuel“) sistema. U tabeli 3 prikazane su vrednosti sadržaja osnovnih toksičnih komponenata u izduvnim gasovima motora u slučaju korišćenja sistema GTI (Gas Injection Technologies Guildford NSW Australia), koji je izveden u varijanti MPI-sekvencijalni i pogona na benzin sa standardnom opremom.

Tabela 3 [5]

	HC [g/km]	CO [g/km]	NO _x [g/km]	CO ₂ [g/km]
Benzin (stand. oprema)	0,14	1,49	0,03	334,5
GTI LPG	0,01	0,05	0,31	263,5
Dozv. vrednost (ADR 37/01)	0,25	2,1	0,62	-

Emisija CO kod motora sa pogonom na TNG je nekoliko puta veća kod dizel motora, jer motor na TNG radi sa homogenom smešom. Međutim, taj nivo ipak nije kritičan. Slično važi i za emisiju HC koja može biti i dvostruko veća od emisije dizel

motora. Međutim, važno je da se primenom TNG-a, umesto dizel goriva, odnosno prevođenjem dizel motora u TNG motor (tj. oto motor), može rešiti jedan od većih problema dizel motora, a to je emisija NO_x i emisija čestica. Emisija NO_x kod motora sa TNG-om može se radikalno smanjiti primenom trosmernog katalizatora na motoru koji radi sa stehiometrijskom smešom. Kod dizel motora, koji obavezno radi sa jako siromašnom smešom, ne postoji efikasan katalizator za redukciju emisije NO_x. Štaviše, ako bi se koristio apsorpcioni katalizator (čija je maksimalna efikasnost do 60%), on bi znatno manje smanjio emisiju NO_x, nego što to može smanjiti trosmerni katalizator (čija je efikasnost do 95%). Što se tiče emisije čestica, tu je situacija još bolja, jer motor na TNG praktično nema tu emisiju. Zbog toga je emisija čestica motora sa TNG-om manja i od iste emisije dizel motora, čak i ako ima filter čestica. Dakle, primenom TNG-a prevazilazi se najveća slabost dizel motora izdvajanja ugljenika u vidu čađi, sa izduvnim gasovima motora u obliku crnog dima, koji je nepoželjan i po motor i po okolinu.

Trenutno se svi važeći standardi o emisiji vozila (ECE Pravilnici br. 49, 83 i 101) odnose i na motore sa TNG-om, tako da je homologaciona procedura potpuno definisana.

Svetski trend primene TNG-a kao alternativnog goriva

Koliki značaj pojedine razvijene zemlje sveta pridaju alternativnim gorivima, kao i mere koje vezano za tu problematiku primenjuju, u narednom delu ovog rada biće potvrđene raznim podacima i činjenicama.

Zaključci Evropskog parlamenta i Saveta Evrope insistiraju na tome da TNG mora biti integralni deo politike vezane za alternativno gorivo u EU. Ovaj segment nije samo predmet tržišnih odnosa, već razvojne politike u EU. U tom smislu, 29. 11. 2000. godine Evropska komisija usvojila je takozvanu Zelenu knjigu o sigurnom snabdevanju (Green paper: Towards a European strategy for the security of energy supply), u kojoj je kao jedan od ciljeva navedena potreba zamene 20% goriva u drumskom saobraćaju alternativnim gorivom do 2020. godine.

Prema izvorima AFDC (Alternative Fuels Data Center), u SAD se vozi preko 350 000 automobila sa pogonom na autogas. U toj državi zahvaljujući činjenici da je motorni benzin kao vodeće gorivo relativno jeftin, upotreba autogasa, kao i ostalih alternativnih goriva generalno je prisutna na području takozvanih flota, odnosno službenih i dostavnih vozila, što je direktno posledica uticaja države. Kada se radi o vozilima u privatnom vlasništvu, gotovo da se autogas i ne koristi. Ovo alternativno gorivo međutim, pokreće taksi vozila u Las Vegasu, školske autobuse u Kansas Sitiju i Portlandu. Autogas pokreće laka i srednjeteška teretna vozila, kao i vozila policije, pa se procenjuje da je ukupan broj ovih vozila u Kaliforniji oko 40 000. U SAD postoji oko 3400 autogas stanica, gde je moguće nabaviti ovo gorivo. Sjedinjene Američke Države jedan su od najvećih proizvođača TNG-a u svetu, koji obezbeđuje 90% svojih potreba.

U Australiji se TNG za pogon vozila masovnije koristi još od 1960. godine. Danas je ova zemlja jedna od vodećih kada se radi o upotrebi ovog energenta.

Između 4–5% lakih vozila koristi upravo ovo alternativno gorivo sa procenom da će do 2010. taj broj vozila u Australiji biti oko 8%. Da bi još više omasovila upotrebu TNG-a vlada Australije je sa opravdanim razlogom prihvatila inicijativu TNG asocijacije ove zemlje, tako da je za još tri godine produžen period neoporezivanja TNG-a. Ova podsticajna mera trebalo je da traje do 2008, ali pomenutom odlukom ovaj period će trajati do 2011. godine. Uz ovu fiskalnu meru u Australiji će biti prisutna i politika državne subvencije za ugradnju TNG uređaja od 1000 australijskih dolara po svakom novom vozilu.

Italija je danas najveći konzument TNG-a kao goriva za pogon automobila, što iznosi oko 1 322 000 tona na godišnjem nivou. Flota od preko 1 400 000 vozila koristi upravo ovo gorivo za svoj pogon, koje je moguće nabaviti na oko 2000 mesta širom zemlje. Takođe, treba naglasiti da je ova zemlja i jedan od najvećih proizvođača TNG opreme za automobile (LANDI, LANDIRENZO, LOVATO, MTM, MARINI, ZAVOLI, OMVL, ROMANO, EMER, TOMASETTO BIGAS, BEDINI, STEFANELLI, STARGAS, EMMEGAS i drugi). Pored velike popularnosti ovog energenta, u Italiji se zbog sve većeg zagađenja vazduha primenjuje odluka vlade ove zemlje, po kojoj se fizičkim licima subvencionira instalacija TNG uređaja, kao i uređaja za prirodni gas, koji je takođe popularan u Italiji, sa 650 evra. Kao mera podsticaja u primeni je i pravilo da u periodima visoke zagađenosti vazduha konvencionalna vozila na benzin/dizel imaju zabranu kretanja u 18 naznačenih područja).

Trenutno je Poljska zemlja sa najdinamičnijim porastom broja vozila koja koriste TNG kao pogonsko gorivo. Ukupna potrošnja TNG-a u ovoj zemlji tokom 2003. godine iznosila je 1,77 miliona tona, što praktično iznosi preko deset puta više nego 1991. godine. Prema najnovijim podacima iz časopisa RYNEK GAZOWY, Poljska je druga zemlja u Evropi po broju konvertovanih vozila na gas. Broj takvih vozila kreće se oko 1,1 milion, a broj TNG stanica procenjuje se na oko 4000. Osamdeset procenata taksi vozila u ovoj zemlji je već implementiralo gasne uređaje.

Druga zemlja u Evropi po broju konvertovanih vozila u odnosu na broj stanovnika je Holandija sa preko 400 000 vozila koja koriste TNG kao gorivo za pogon automobila. Pored velike popularnosti i zastupljenosti TNG-a, vlada ove države nizom podsticajnih mera neprekidno želi da ovo gorivo omasovi. U aprilu 1998. potpisan je sporazum između holandske vlade i javnih prevoznika, čiji je cilj postizanje porasta broja novih autobusa koji kao energent koriste gasna goriva, sve do iznosa od 50% od ukupnog broja novih vozila.

U Nemačkoj preko 3,5 miliona potrošača u domaćinstvima, industriji, poljoprivredi i transportu koristi TNG, kao pogonsku alternativu. Tečni naftni gas će do 2009. godine biti pod poreskim olakšicama u ovoj zemlji. Danas u Nemačkoj postoji preko 550 stanica za TNG, a oko 18 000 vozila je konvertovano na TNG, ali broj raste iz dana u dan. Uzimajući u obzir trend kojim se konvertuju vozila, do 2010. godine, može se očekivati oko 100 000 vozila koja će koristiti TNG za svoj pogon.

Na osnovu praćenja situacije od strane Asocijacije za TNG Velike Britanije, broj vozila sa pogonom na TNG u ovoj zemlji iznosi preko 250 000. Vlada je osnivač agencije ENERGY SAVING TRUST, čiji je prevashodni zadatak da prati problematiku vezanu za alternativna goriva. Navedena agencija ima godišnji budžet od 16,3 miliona evra. Kroz POWERSHIFT program subvencioniraju se ugradnje auto-gas opreme. U smislu podsticajnih mera kojima se populariše auto-gas u Velikoj Britaniji svakako je i već pomenuta taksa koju plaćaju vozila pri ulasku u centar Londona u vremenu od 7 ujutru do 18,30 popodne radnim danom. Fabrika Vauxhall je lider u razvoju vozila koja se sa fabrički ugrađenim TNG uređajem isporučuju tržištu.

Pored pomenutih zemalja, i niz drugih država širom sveta poreskim olakšicama i drugim vidovima stimulacije promovišu i populariše korišćenje TNG-a. Takvi programi odvijaju se u Španiji, Norveškoj, Japanu (gde čak 95% taksi vozila trenutno koristi TNG), Belgiji, Francuskoj (postojale su čak olakšice za poreske obveznike koji koriste TNG kao gorivo, uz istovremeno smanjenje poreza na TNG).

U našoj zemlji TNG kao pogonsko gorivo automobila stiže sve veći broj poklonika, čemu doprinosi i za sada relativno zadovoljavajuća mreža stanica za TNG, kojih ima preko 130. Procene o broju vozila sa pogonom na TNG u našoj zemlji su veoma različite. Naime, broj registrovanih vozila na TNG u Srbiji 2004. godine bio je oko 10 100 vozila, dok je po podacima Auto-gas asocijacije Srbije (AGAS) broj takvih vozila u sa-

braćaju bio 15 puta veći. Pored prihvatljive cene TNG-a kod nas ne postoji još neka podsticajna mera kojom bi država stimulatивно delovala na korisnike vozila sa TNG-om.

Zaključak

Najveća prednost primene TNG-a u motorima SUS jeste u smanjenju emisije toksičnih komponenata izduvnih gasova, pre svega GH (Greenhouse) gasova, kao i dimnosti i emisije čestica kod dizel motora. Pored boljih ekoloških karakteristika, primenom TNG-a postiže se i veća ekonomičnost u vožnji. Na sve masovniju upotrebu ovog goriva utiču još i dovoljna raspoloživost goriva, jednostavna i jeftina nadogradnja sistema za pogon na TNG kod postojećeg motora SUS, zadovoljavajuće vozne performanse i dr. Nedostaci primene TNG-a kao pogonskog energenta motora SUS neznatni su u odnosu na prednosti (pad efektivne snage motora do 10%, smanjenje raspoloživog prostora vozila za instalaciju sistema na TNG, otežana distribucija i skladištenje goriva).

Iako upotreba TNG-a kao ekološkog i ekonomičnog goriva za pogon motornih vozila u Srbiji doživljava znatnu ekspanziju, ipak ključnu ulogu u još masovnijoj upotrebi ovog pogonskog energenta ima država. Naime, nagli porast vozila koja koriste TNG poslednjih nekoliko godina posledica je privatne inicijative, niskog životnog standarda i veoma brze isplativosti investicije u sistem za pogon na TNG. Strategija „praznog novčanika“ – što više jeftine i nekontrolisane robe na tržištu, pa samim tim i delova za vozila,

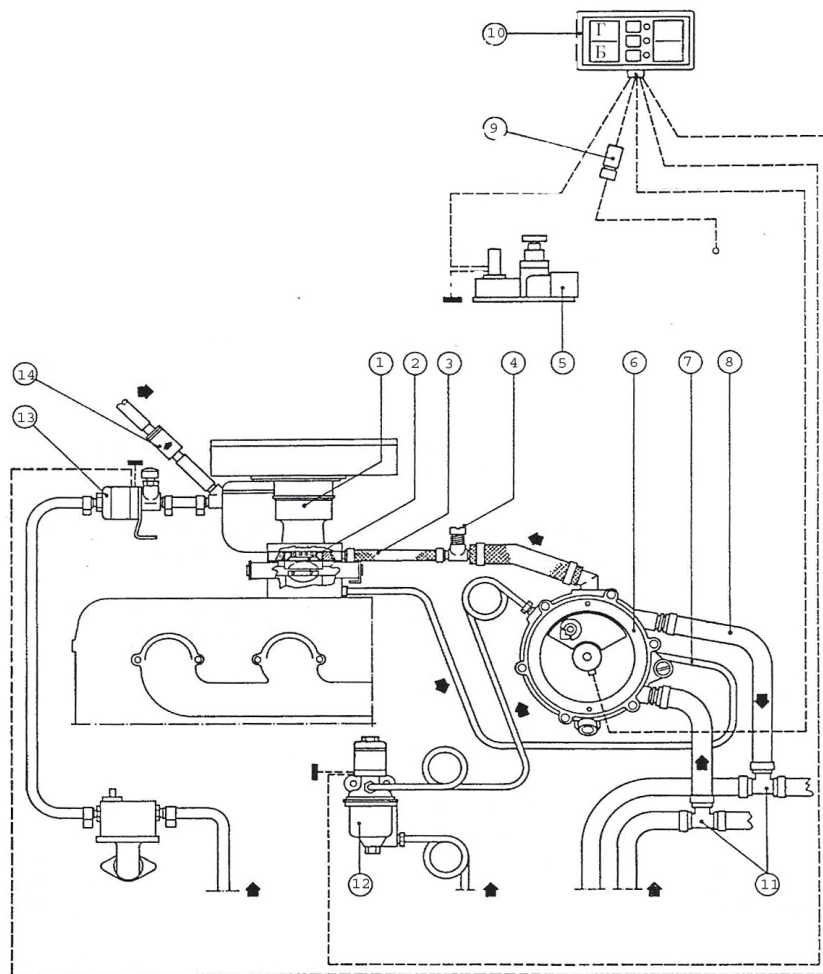
moglo bi da izazove veoma ozbiljne posledice, kako u pogledu bezbednosti saobraćaja, tako i u pogledu primene ovog alternativnog goriva u budućnosti. Neophodan i veoma bitan proces primene alternativnih goriva, ipak, ne može biti opravdanje za selektivnu primenu propisa, jer takav odnos ima za posledicu ugradnju neispitanih uređaja i opreme, nekvalitetnu i nestručnu ugradnju, što u budućnosti može proizvesti negativan efekat na primenu ovih goriva.

S tim u vezi, država bi trebalo, preko nadležnih organa, da obezbedi striktnu primenu zakonskih i podzakonskih akata iz svih oblasti koje su u vezi sa alternativnim gorivima, radi unapređenja njihove primene, uz maksimalnu realizaciju javnog interesa u bezbedonosnom i materijalnom smislu. Potrebno je sprečiti nekontrolisanu ugradnju komponenti i opreme sistema za pogon na TNG neproverenog kvaliteta, preko ovlašćenih organizacija obezbediti da uverenje o ispravnosti vozila dobiju samo ona vozila kod kojih je postupak ugradnje sistema za TNG bio u skladu sa odgovarajućim zakonima i propisima, povećati broj vanrednih tehničkih pregleda, kako bi se vozila sa neregularno urađenim sistemom na TNG isključila iz daljeg saobraćaja a prekršiocu zakona kaznili, itd. Takođe, putem globalne fiskalne i ekonomske po-

litike iz oblasti razvoja saobraćaja i energetike država treba da stimuliše korisnike alternativnih goriva kroz pojedine odluke i mere (smanjiti porez na TNG kao ekološki čistije gorivo, smanjiti cenu registracije vozila na TNG, itd.). Treba imati u vidu da bi stimulisanje korišćenja TNG-a u vozilima u našoj zemlji trebalo, u određenoj meri, da se shvati i kao priprema za prelaz na primenu prirodnog gasa, a kasnije i vodonika, u vremenu kada to bude neophodno. U našoj zemlji TNG kao pogonsko gorivo automobila stiže sve veći broj poklonika, čemu doprinosi i za sada relativno zadovoljavajuća mreža TNG stanica. Izvori za dobijanje TNG-a ukazuju da se na tu vrstu goriva može zasigurno računati i u daljoj budućnosti, a podatak da 60% ovog goriva potiče iz zemnog gasa donekle ukazuje na manju zavisnost potrošača od izvoznika sirove nafte, odnosno članica OPEC-a.

Literatura:

- [1] Todorović, J.: Gasovita goriva u motornim vozilima, naučno stručni skup Vozila sa pogonom na gas, Beograd 2005.
- [2] Milovanović, M., Spasojević, S., Vučković, V.: Serijska proizvodnja vozila i TNG oprema, naučno stručni skup – Vozila sa pogonom na gas, Beograd 2005.
- [3] Nedeljković, G.: TNG – Ekologija, Ekonomija, Energija, naučno stručni skup Vozila sa pogonom na gas, Beograd 2005.
- [4] Milovanović, Z.: Primena TNG-a u vojnim motornim vozilima, diplomski rad, Vojna akademija, Beograd 2005.
- [5] LPG as an Automotive Fuel, ALPGA Booklet, Australia.



Sl. 1 – Šema sistema za obrazovanje smeše kod „bi-fuel“ verzije motora