

Rezime:

Ekološki pokreti u svetu su sve aktivniji, zbog stvarne ugroženosti Zemlje. Mnogobrojni su oblici i izvori zagađenja, a jedan od najvećih su motori sa unutrašnjim sagorevanjem, za koje se pretpostavlja da će još dugo dominirati kao pogonski agregati u mnogim oblastima primene. U vezi s tim moguće je delovati u dva smera: zamenom konvencionalnih goriva alternativnim i konstrukcionim izmenama na motorima radi smanjenja emisije i potrošnje goriva. Jedna od mogućnosti konstrukcionog poboljšanja motora je i smanjenje mehaničkih gubitaka, koji kod današnjih konstrukcija još uvek imaju znatan udeo u gubicima, pogotovo na parcijalnim režimima. Treba naglasiti da kompleksni problemi smanjenja potrošnje goriva i emisije izduvnih gasova motora (vozila) mogu da se reše samo spregom razvoja automobilske i naftne industrije.

Ključne reči: motor SUS, ekologija, alternativna goriva, trendovi u konstrukciji motora, mehanički gubici.

IC ENGINE AND ENVIRONMENT

Summary:

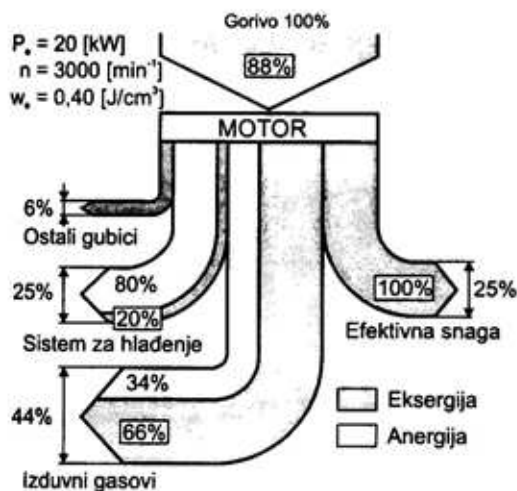
Ecological trends and movements in the modern world grow stronger and more active, due to a real danger of Earth pollution. One of the main sources of pollution are IC engines and their influence on environment is significant. However, conventional combustion engines still are and will be dominant powering systems for numerous future applications. Two solutions are possible answers to this problem: first, the replacement of conventional fuels by alternative ones and second, modifications on the IC engine design in order to decrease fuel emission and consumption. One of the solutions for the improvement of IC engine design is the modification of engine parts or their design, with great influence on the decrease of mechanical losses, especially on partial rating. Therefore, it is important to say that complex problems of engine (automotive) decrease of fuel consumption and exhaust gas emission can be solved only by simultaneous development of oil and engine (automotive) industry.

Key words: IC engine, ecology, alternative fuels, engine design trends, mechanical losses.

Uvod

Poznato je da motor sa unutrašnjim sagorevanjem služi za transformaciju potencijalne energije goriva u mehanički rad. Nažalost, cena te transformacije sa

ekološkog aspekta je veoma visoka, jer dolazi do izbacivanja mnogih štetnih jedinjenja (ugljen-monoksida, ugljovodonika, azotnih oksida, čestica, ugljen-dioksida, benzola, sumpora, poliaromatskih ugljovodonika, itd.) u okolinu. Po-



Sl. 1 – Bilans energije (anergije i eksergije) jednog oto-motora pri delimičnom opterećenju

red toga, dolazi do isparavanja i curenja pogonskih materija, pri čemu problem predstavlja i buka motora i recikling istrošenog motora.

Međutim, ono što takode trajno opterećuje životnu sredinu jeste otpadna energija koja se stvara pri transformaciji hemijske energije goriva u mehanički rad. Naime, poznato je da se energija sastoji od anergije (dela koji se teoretski ne može transformisati u mehanički rad) i eksergije (dela koji se teoretski može transformisati u mehanički rad). Pri toj transformaciji celokupna anergija se predaje okolini. Problem je još više izražen ako se uzme u obzir da se ni celokupna eksergija ne transformiše u mehanički rad, već samo jedan njen deo (slika 1) [1].

Nove tehnologije našle su se do sada pred najvećim izazovom – da razviju relativno jeftine alternative, koje će biti prihvatljive za kupce i ići u susret navedenom cilju. Pri tome se nepotencijalne oblasti tehnološkog razvoja uopšte ne istražuju, a zahteva se šire razmatranje har-

dvera vozila, softvera i metoda održavanja u proizvodnim i inženjerskim procesima, sve u fokusu imperativa očuvanja životne sredine.

Fundamentalne promene zahtevaju se u hardveru pogonskih agregata, u upravljanju senzorima i aktuatorima, pomoćnim uređajima, električnoj arhitekturi i snažnoj elektronici. Posebno se potencira smanjenje potrošnje goriva i emisije, uz istovremeno očuvanje korisnosti, pogodnosti za održavanje i efektivne cene [2].

Ekološki aspekt upotrebe motora sa unutrašnjim sagorjevanjem

Poslednjih godina sve se više ispituje uticaj izduvnih gasova na ljude i okolinu, o čemu se vodi računa i pri razvoju motora.

Ranije je povećanje snage i momenta motora bio osnovni cilj, a danas se, pre svega, razmatra potrošnja goriva i izduvna emisija.

Prvi propisi iz oblasti emisije pojavili su se u Sjedinjenim Američkim Državama sredinom šezdesetih godina, dok se u državama Evropske zajednice pojavljuju sedamdesetih godina. Treba istaći da savremeni oto i dizel motori samo u tragovima emituju komponente koje su dominirale pre 25 do 30 godina.

Potrošnja primarne energije kontinuirano se povećava u drumskom saobraćaju. Mada je u poslednjih 10 godina specifična potrošnja goriva smanjena kod novokonstruisanih vozila, zbog porasta snage motora nije došlo do srazmernog smanjenja potrošnje goriva u saobraćaju.

Putevima zemalja Evropske zajednice kreće se oko 100 miliona vozila, od

čega već 10 000 vozila na električni pogon sa niki-kadmijumovim baterijama kao izvorom energije. Međutim, već postoji predlog da se od 2003. godine zabrani upotreba kadmijuma, olova, žive i heksavalentnog hroma u automobilske industriji [3].

U 1991. godini ugovorena proizvodnja pomoćnih dizel-generatorskih stanica brodskog tipa u svetu, čija snaga prelazi 1000 kW, iznosila je 4 441 368 kW. Motori SUS se proizvode u širokom dijapazonu snaga: od najmanjeg, firme Enyu sa oznakom 25 HTV, koji ima $d=17,55$ mm, $s=16$ mm, i snagu 0,44 kW (za leteće modele u sportskom modelarstvu), do najmoćnijih dizel motora koji se primenjuju kao glavni brodski motori i u stacionarnim kopnenim elektrostanicama, kao što je, na primer, motor firme Mitsubishi Heavy Industries Ltd sa oznakom UEC 85 LS 11 (proizveden 1987) sa $d=850$ mm, $s=3150$ mm i snage 46 340 kW [4].

Posle tzv. konvencionalnih komponentata, koje su kontrolisane u početku, sve više se obraća pažnja i na sastojke u izduvnim gasovima koji nisu bili obuhvaćeni zakonskim normama, što se, pre svega, odnosi na ugljen-dioksid. Naime, ispuštanje ugljen-dioksida, a s tim u vezi i štednja goriva, sve više se ističu kao javni interes. Osnov toga je efekat staklene bašte, koji, verovatno, prouzrokuje šest gasova, među kojima sa 50% učestvuje ugljen-dioksid, sa svojim dalekosežnim posledicama. Ovaj efekat dovodi do porasta prosečne temperature na Zemlji (od 1930. godine prosečna temperatura je porasla za više od 2°C , pri čemu je polovina zagrevanja izazvana u po-

slednjih 20 godina), što je dovelo do odvajanja ledenih bregova u području Antarktika. U periodu od 1998. godine do danas leta su najtoplija, a predviđa se da bi u narednom veku prosečna temperatura mogla da poraste za 1° do $3,5^{\circ}\text{C}$, što bi moglo dovesti do topljenja celokupnog leda na Antarktiku. Pošto on sadrži 70% slatke vode na Zemlji, to bi moglo da dovede do porasta nivoa mora za 36 do 90 m. Godišnja globalna prirodna i antropogena emisija CO_2 prikazana je na slici 2 [3].

Emisija CO_2 na prostoru SR Jugoslavije je u 1989. godini iznosila $47,1 \cdot 10^6$ t, a u 1992. godini $41,2 \cdot 10^6$ t.

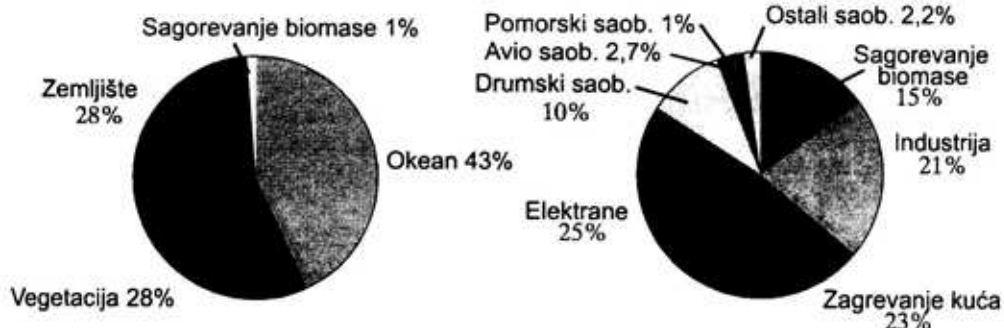
U Nemačkoj je, na primer, predviđeno smanjenje CO_2 za 25% u periodu 1990–2005. godine [5], što potpomaže i Udruženje automobilske industrije, koje teži da podrži nemačku državnu regulativu u njihovom nastojanju da smanje emisiju CO_2 . Radi ograničenja CO_2 u Nemačkoj je razmatran propis o ograničenju potrošnje goriva na 5 l/100 km u 2005. godini. U svakom slučaju, neophodno je preduzeti mere kako bi se smanjilo emitovanje gasova koji prouzrokuju efekat „staklene bašte“, pre svega ugljen-dioksida. Ipak, do smanjenja potrošnje goriva trebalo bi doći merama tehničkog unapređenja vozila [3].

Emisija CO_2 bila je razlog za razmatranje upotrebe alternativnih goriva, na osnovu čega se donosi i ocena o njihovom kvalitetu. Emisija CO_2 sa raznim gorivima prikazana je na slici 3 [6].

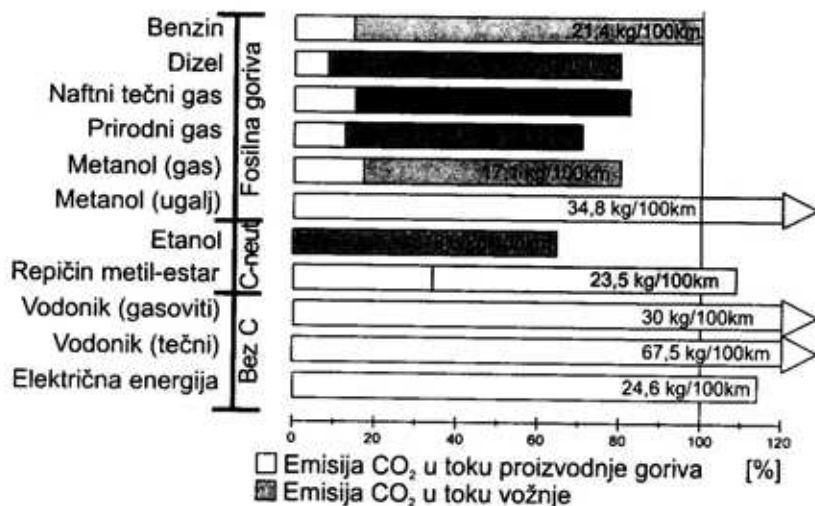
Međutim, za budućnost alternativnih goriva presudni su proizvodni troškovi i gustina energije [6]. Na osnovu prethodnih i mnogih drugih karakteristika sa-

Prirodna emisija
 770×10^9 t

Antropogena emisija
 26×10^9 t



Sl. 2 – Globalna godišnja emisija CO_2

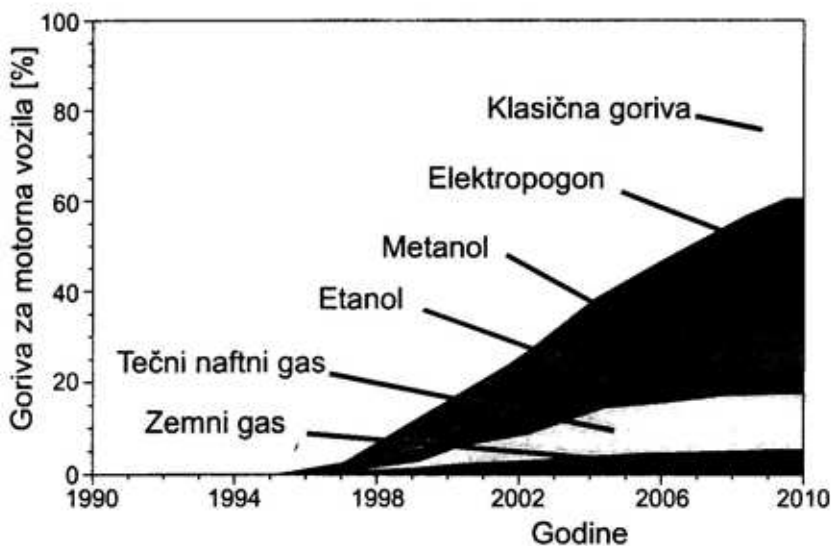


Sl. 3 – Emisija CO_2 sa raznim gorivima

činjena je prognoza upotrebe alternativnih goriva (slika 4) [6].

Mada su današnjim zakonskim propisima regulisane dozvoljene količine štetnih materija u izduvnoj emisiji, ostaju nerešeni još mnogi problemi. Tako, na primer, prirodni gas stvara malu količinu ugljovodonika. Poznato je da emitovani ugljovodonici fotohemijskim reakcijama

(pod dejstvom Sunčevih zraka) od kiseonika stvaraju ozon. Problem je što se taj proces odvija u donjem delu troposfere, a pospešuju ga i azotni oksidi. Proces se može usporiti samo smanjenjem količine ugljovodonika i azotnih oksida u izduvnoj emisiji. Osim ova dva uticaja gasova koji učestvuju u emisiji, potrebno je posmatrati i sadržaj kancerogenih kompo-



Sl. 4 – Prognoza upotrebe alternativnih goriva

neniti, količinu čestica koje ulaze u pluća, stepen iskorišćenja energije, kao i sklonost ka stvaranju kiselina. Da bi sve to funkcionisalo, neophodna je i analiza gasova u toku rada motora (OBD) [7].

Uspesi koji su poslednjih godina postignuti u smanjenju potrošnje goriva i poboljšanju stepena korisnosti automobila veoma su značajni. Međutim, neophodni su i novi koraci u sprečavanju dugoročnog ugrožavanja života usled promene naše okoline [8].

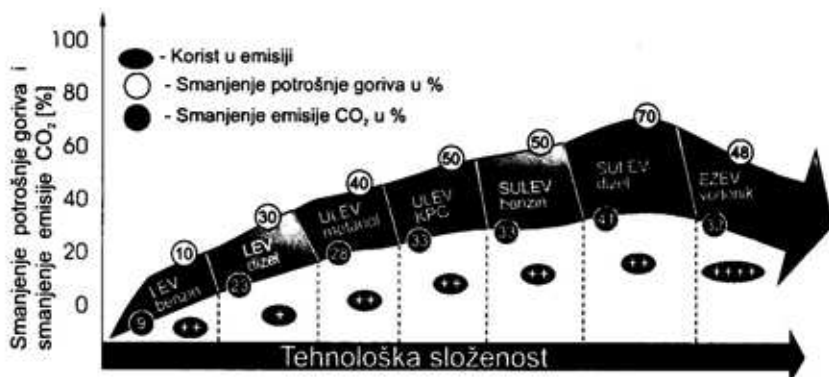
Globalne mere za smanjenje potrošnje goriva u motorima SUS

Mada se danas za motore SUS troši više energije nego što je do sada ukupno potrošeno, upotrebom novih tehnoloških rešenja postiže se sve veći stepen iskorišćenja energije. Goriva naftnog porekla poseduju najveći stepen korisnosti u pokretanju vozila, u poređenju sa drugim

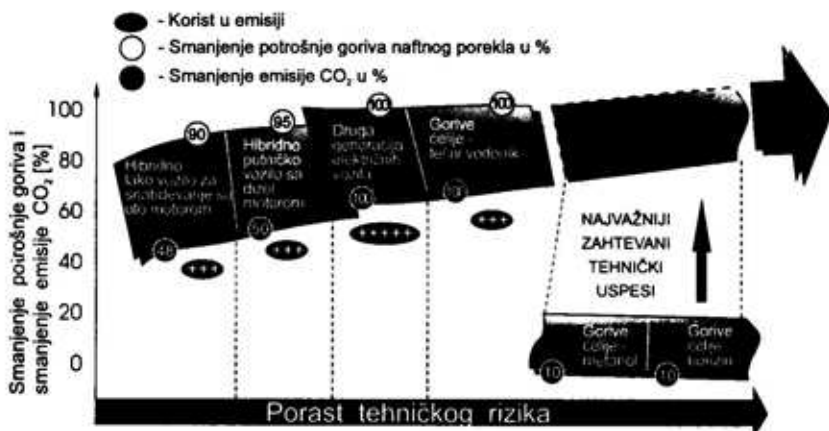
izvorima energije. Bez obzira na predviđanja mnogih prednosti novih tehnologija, postoji još značajan prostor za smanjenje potrošnje goriva u motorima SUS. Na slikama 5 i 6 prikazan je spektar različitih tehnologija, uzimajući u obzir i potrošnju alternativnih goriva [2].

U daljoj budućnosti hibridna vozila i gorive ćelije nude suštinsko smanjenje potrošnje goriva i smanjenje emisije. Vozila na električni pogon imaju određeno vreme teškoća u odnosu na alternativna goriva, pre svega zbog njihove cene i ograničenog radijusa kretanja [2].

Kada su u pitanju oto-motori, najveće smanjenje štetne emisije može da se ostvari povećanom primenom katalizatora, od čijeg rada zavisi i kvalitet smeše, tako da smanjenje potrošnje može da se postigne zahvaljujući samo sekundarnim merama, kao što je smanjenje trenja. Za snagu motora koja se troši na trenje veoma su važne mase, pa su za brzo rešenje



Sl. 5 – Trend razvoja novih izvora snage u bliskoj budućnosti (LEV – vozilo sa niskom emisijom, ULEV – vozilo sa ultraniskom emisijom, KPG – komprimovani prirodni gas, SULEV – vozilo sa superultraniskom emisijom, EZEV – vozilo sa emisijom ekvivalentnoj nultoj emisiji)



Sl. 6 – Neizbežna ekološka vozila

ovog problema na raspolaganju sredstva poput proračunskog postupka za smanjenje masa, što opet može da utiče na sigurnost, a time i na otkaze konstrukcije, tako da ovakav prilaz ima ograničenja. Takođe, optimizacijom pomoćnih uređaja i opreme motora može da se postigne napredak u smanjenju potrošnje goriva.

Za vreme vožnje u uslovima gradskog saobraćaja, motor funkcioniše na

praznom hodu oko trećine vremena. Zbog toga potrošnja motora na praznom hodu ima značajan uticaj na potrošnju u gradskoj vožnji. Potrošnja goriva na praznom hodu menja se skoro linearno sa promenom broja obrtaja na praznom hodu.

Smanjenje potrošnje goriva na praznom hodu postiže se, naročito kod malih motora, smanjenjem inercionih masa i

visokim nazivnim brojem obrtaja, što su visoki zahtevi prema sistemu za ubrizgavanje goriva. To se postiže novim sistemima za ubrizgavanje sa brzom reakcijom, pri čemu se postiže minimalan stabilan broj obrtaja koji je blizak teoretskom.

Nažalost, u opštem slučaju, motor ne može na praznom hodu da postiže ovako nizak broj obrtaja, jer pomoćni agregati, kao što su generator i pogon klima-uređaja, zahtevaju više brojeva obrtaja.

Najviše iztraživača uključeno je u istraživanje poboljšanja stepena korisnosti motora putem poboljšanja radnog ciklusa, gde se nude razna rešenja. Jedno vreme propagirana je upotreba visokih stepena kompresije kod oto-motora, što je zahtevalo goriva sa visokim oktanskim brojem. Zatim je predlagana veća upotreba dizel motora u putničkim automobilima, sa različitim formama direktnog ubrizgavanja. Izučavani su „egzotični“ prilazi radnom ciklusu motora, kao što je stirlingov, radi poboljšavanja stepena korisnosti, pre svega u automobilskim motorima. Za primenu na kamionima izvesno vreme su nudeni takozvani adijabatski motori kao pravo rešenje. Njima je predskazivana velika budućnost zbog veće tolerancije u odnosu na kvalitet goriva, smanjenja izduvne emisije, kao i smanjenja potrošnje goriva od čak 17%. Međutim, posle prvog zanosa, pojavili su se radovi kao što je [1], koji su opovrgli ovakva predviđanja.

Dakle, radi smanjenja potrošnje goriva kod oto-motora predviđaju se sledeće intervencije [9]:

- optimizacija motor-menadžmenta;
- smanjenje snage potrošača;

- smanjenje snage koja se gubi zbog trenja;
- primena start-stop automatike;
- smanjenje broja obrtaja praznog hoda;
- povećanje stepena kompresije;
- primena promenljivog stepena kompresije;
- smanjenje toplotnih gubitaka;
- formiranje homogene siromašne smeše;
- direktno ubrizgavanje;
- primena varijabilnog sistema razvoda;
- primena natpunjenja;
- isključivanje pojedinih cilindara;
- optimizacija menadžmenta vozila.

Savremeni dizel motori sa direktnim ubrizgavanjem nastoje se poboljšati tako da postanu slični dizel motorima sa indirektnim ubrizgavanjem. Međutim, pri tome se prilično komplikuje konstrukcija (kasno prethodno ubrizgavanje, visok pritisak ubrizgavanja, brizgaljka sa više mlaznica malih prečnika, recirkulacija izduvnih gasova – EGR, itd.). Rehabilitacija novih dizel motora sa indirektnim ubrizgavanjem nije moguća u daljem razvoju. Mogućnosti unapređenja nalaze se jedino u savremenim znanjima o termokinetici i u obezbeđenju ranijih hemijskih reakcija.

Budući dizel motori će povećati ili prevazići neke parametre oto-motora, a zahtevi će obuhvatiti i nizak sadržaj CO₂, HC, NO_x, CO i PM (približno 50% od vrednosti EURO III), kao i teških metala u emisiji.

Povećanje maksimalne temperature ciklusa, pri konstantnim p_{max} , T_0 i p_1 , poboljšava dinamičke parametre, ali pogoršava parametre ekonomičnosti. Maksi-

malne temperature određene su sadržajem NO_x , odnosno intenzitetom njegovog formiranja. Kontrolni parametri mogu da budu EGR i kasnije prethodno ubrizgavanje.

Parametri ekonomičnosti se poboljšavaju sa smanjenjem opterećenja pri kvalitativnoj regulaciji snage, na parcijalnom opterećenju motora i pri konstantnim p_{\max} , T_{\max} i T_0 .

Motora SUS još uvek pripadaju grupi prosperitetnih. Njihov kapacitet, pouzdanost i ekonomičnost do sada nisu ugroženi drugim alternativnim izvorima, često čak ni u pogledu odnosa prema životnoj sredini. Dizel i oto-motora imali su najznačajniji napredak u poslednjih 25 godina, bez obzira na njihovo postojanje više od 100 godina. Napredak se ogleda u smanjenju potrošnje goriva i emisije (gasoviti i čvrsti zagađivači, buka, vibracije), kao i u poboljšanju ostalih glavnih parametara (snaga, trajnost, pouzdanost, tehnološki konstrukcije, itd.).

U tabeli su prikazane tendencije u razvoju motora i saglasno njima novi zahtevi prema kvalitetu ulja [10].

Motora SUS imaju mogućnosti daljeg razvoja koje se nalaze u njihovom termodinamičkom i tehničkom potencijalu (TDI i GDI tipovi motora, primena mikroelektronike za: optimizaciju radnog ciklusa, kontrolu promenljive geometrije turbine, pogona ventila, formiranje smeše i katalitičkih uređaja, za pritisak napunjenja, u međuhlađenju i sistemu hlađenja i u ostalim sistemima).

Već je počela serijska proizvodnja automobila za četiri osobe, sa srednjom potrošnjom goriva na nivou 3 l/100 km, sa potpunom primenom standarda EURO III i EURO IV u regulaciji emisije.

Tendencije u razvoju motora i novi zahtevi prema kvalitetu ulja

Tendencije u razvoju motora		Zahtevi prema kvalitetu ulja	
Specifična snaga	↑	Oksidaciona stabilnost	↑
Broj obrtaja motora	↑	Termička stabilnost	↑
Uvođenje turbopunjenja	↑	Isparljivost	↓
Viševentilski motora	↑	Sintetička baza	↑
Hidraulični podizači	↑	Disperzivnost	↑
Promenljiva šema razvoda	↑	Smicajna stabilnost	↑
Protok vazduha oko motora	↑	Tendencija penušanja	↓
Zapremina ulja u koritu	↓	Sulfatni pepeo	↓
Potrošnja ulja	↓	Sadržaj fosfora	↓
Interval zamene ulja	↑	Protivhabajuće osobine	↑
Trajanje katalizatora	↑		
Povećanje ekonomičnosti	↑		
Pozicija prvog klipnog prstena	↑		
Klip iz dva dela za dizel motore	↑		
Sumpor u gorivu	↓		
Smanjenje emisije	Recirkulacija izd. gasova	↑	
	Optimiz. ugla predubrizgav.	↑	
	Visokoprit. ubrizgavanje	↑	

Motora SUS imaju takav termodinamički potencijal koji im garantuje uspešan razvoj i u XXI veku [11].

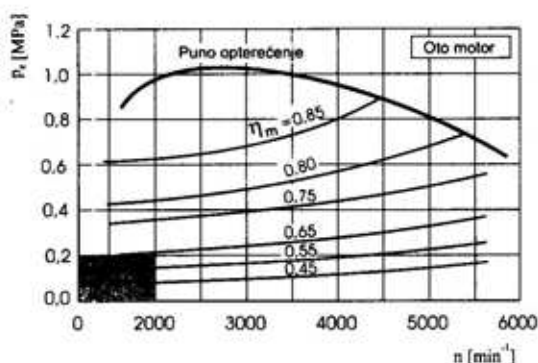
Uloga mehaničkih gubitaka motora SUS u smanjenju potrošnje goriva

Ključne tačke u razvoju motora SUS su: povećanje snage, smanjenje potrošnje

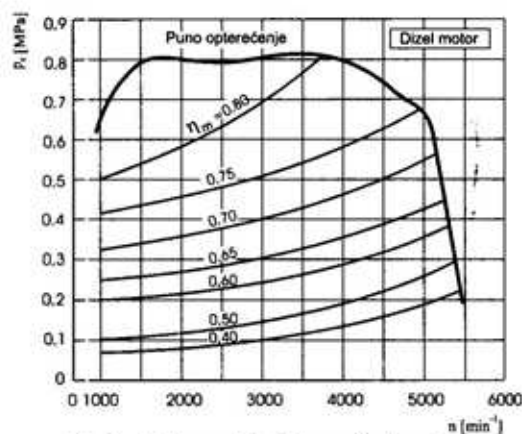
goriva i smanjenje štetne emisije. U tom kontekstu, stepen korisnosti motora ima odlučujuću ulogu, a osim indikatorskog stepena korisnosti (η_i), koji zavisi od procesa sagorevanja, sve veći značaj ima i mehanički stepen korisnosti (η_m).

Tendencija smanjenja potrošnje goriva kod motora za vozila neposredno je povezana sa zakonskom regulativom po pitanju emisije izduvnih gasova. Smanjenje mehaničkih gubitaka, u duhu ove tendencije, nema praktično nikakav negativan uticaj na emisiju, što je veoma povoljno [12].

Mehanički stepen korisnosti (η_m) postaje interesantan, posebno zbog porasta intenziteta gradskog saobraćaja. Po navodima iz literature ovaj stepen korisnosti kod klipnih motora iznosi 70 do 90%, što znači da mehanički gubici iznose 10 do 30%, što se u određenoj meri manifestuje na povećanje potrošnje goriva. Redak je slučaj da se postiže nazivna vrednost mehaničkog stepena korisnosti, jer ona može da se realizuje samo u usko ograničenom području rada motora. Na slici 7 prikazano je radno polje jednog oto-motora sa linijama konstantnog mehaničkog stepena korisnosti [13]. Naročito je nepovoljan rad motora pri manjim snagama i nižim brojevima obrtaja. U praksi se pokazalo da se kod vozila srednje klase 60% goriva troši u uslovima parcijalne snage, sa srednjim efektivnim pritiskom $p_e=0,2$ MPa. Mehanički stepen korisnosti motora u tim uslovima iznosi 50%, i manje. Ova činjenica uvažava se i kod dizel motora, i to od automobilskih do brodskih varijanti, jer ovi motori već dostižu najveći stepen korisnosti od svih toplotnih mašina (1987. godine firma Mitsubishi Heavy Industries Ltd je kon-



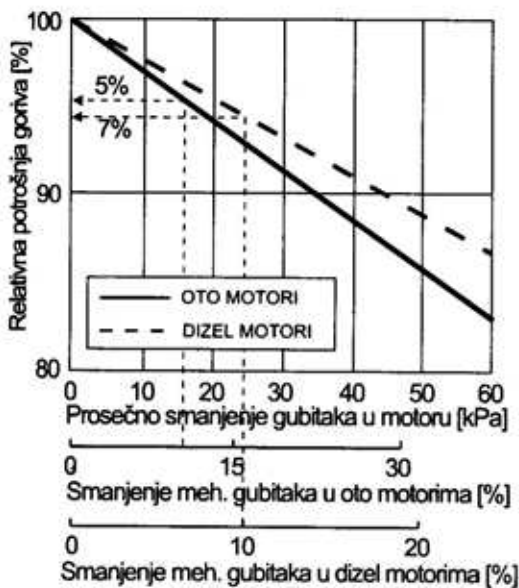
Sli. 7 – Radno polje jednog oto-motora ($V_h = 1,3$ l) sa linijama konstantnog mehaničkog stepena korisnosti



Sli. 8 – Radno polje jednog dizel motora ($V_h = 1,5$ l) sa linijama konstantnog mehaničkog stepena korisnosti

struisala brodski motor UEC 85 LS 11, sa specifičnom potrošnjom goriva od 156 g/kWh.). Na slici 8 prikazano je radno polje jednog brzohodnog automobilskog dizel motora, koje je slično kao kod oto-motora [14].

Smanjenjem trenja postiže se ušteda u gorivu, jer se povećava mehanički stepen korisnosti. U literaturi [13] prikazana je moguća ušteda u potrošnji goriva smanjenjem trenja. U najpovoljnijoj tački radnog polja postiže se smanjenje trenja



Sl. 9 – Efekat smanjenja mehaničkih gubitaka u motoru na potrošnju goriva motora za putnička vozila

od 10%, a time i smanjenje potrošnje goriva za ukupno 2%. Pri $\eta_m = 0,5$ (što odgovara gradskoj vožnji), trenje se smanjuje od 10% a time i ušteda u gorivu od 10%. To pokazuje značaj mehaničkog stepena korisnosti, naročito pri radu motora u uslovima gradskog saobraćaja, sa pretežnim učešćem parcijalnog opterećenja.

Ako je težište u poboljšanju mehaničkog stepena korisnosti, to se postiže analizom gubitaka u motoru. Iz raspodele gubitaka može da se utvrdi koji konstrukcioni sklopovi imaju najveći uticaj na mehaničke gubitke (detaljnija analiza je data u [15]).

Pod uslovom da trenje u klipno-cilindarskom sklopu učestvuje u ukupnim mehaničkim gubicima motora sa 40%, smanjenjem ovih gubitaka u ovom sklopu za 25% može se smanjiti potrošnja goriva pri $\eta_m = 0,5$ za oko 9%, a pri $\eta_m = 0,75$ još oko 3%. Međutim, i na radnoj tački sa

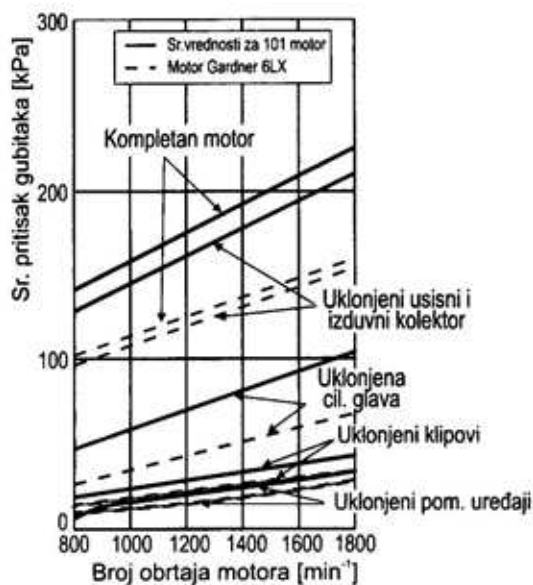
velikim brojem obrtaja i/ili velikim opterećenjem, može da se postigne smanjenje trenja, naročito konstruktivnim merama na klipnu i klipnim prstenovima [16].

Najveći uticaj mehaničkih gubitaka na potrošnju goriva izražen je pri delimičnom opterećenju automobila. Veličina uštede ilustrovana je i proračunima koje su sprovedli Ojler, Zbrozek i Blumberg, a prikazana je na slici 9 [17].

Iz ovih radova može da se uoči da smanjenje mehaničkih gubitaka u otomotorima za 10% donosi uštedu u potrošnji goriva za oko 5%, dok kod dizel motora donosi uštedu od oko 7%.

Da je smanjenje mehaničkih gubitaka za 10% relativno teško postići pokazano je u literaturi [17]. Navodi se da rasipanje mehaničkih gubitaka kod nekih tipova oto-motora iznosi oko 10%. Kada se upoređuju mehanički gubici u funkciji broja obrtaja dva nominalno identična dizel motora zapremine 1,6 l, vidi se da razlika iznosi oko 10%. To znači da ako mogu da se proizvedu svi motori tako da njihovi mehanički gubici budu u granicama rasipanja najboljih motora, već na taj način može da se ostvari 5% smanjenja potrošnje goriva, bez ikakvih promena u konstrukciji motora.

Kamionski motori 70% od potrošnog goriva sagore na režimu punog opterećenja, tako da bi se moglo zaključiti da su mehanički gubici relativno nevažni za ove motore. Međutim, nije baš tako. Poređenje gubitaka u motoru Gardner 6LX sa motorima sličnog prečnika cilindra i hoda klipa pokazuje mogućnost postojanja velike razlike između karakteristika gubitaka kamionskih motora (slika 10), što ima znatne posledice na efektivne pokazatelje motora [17].



Sl. 10 – Gubici u motoru Gardner 6LX i tipični gubici za 10 l kamionski motor

U ovom slučaju motor Gardner je imao niži stepen kompresije, niži specifični pritisak klipnih prstenova i manje gubitke na ležajevima i pomoćnim uređajima u poređenju sa njegovim konkurentima. To je rezultiralo 50% manjim mehaničkim gubicima, odnosno 10% manjom potrošnjom goriva pri punom opterećenju. Poboljšanjem konstrukcije automobilskih motora mogu da se smanje mehanički gubici i realno smanji potrošnja goriva. Međutim, ne treba očekivati smanjenje potrošnje goriva kao što se to može ostvariti optimizacijom sagorevanja [17].

Zaključak

Pri projektovanju i razvoju motora neophodno je uvažavati zakone prirode.

Motori za novi vek treba da predstavljaju rezultat svih dostignuća nauke i

tehnologije, pri čemu je težište na: performansama, ekonomičnosti, ekologiji u užem i širem smislu, reciklingu, sirovinama i novim materijalima, obnovljivim izvorima energije.

Kompleksni problemi smanjenja potrošnje goriva i emisije izduvnih gasova motora mogu da se reše samo spregom razvoja automobilske i naftne industrije [10].

Literatura:

- [1] Gruden, D.; Kuper, P. F.: *Energiebilanzen modernen Ottomotoren* Automobil Industrie 4, 07/1989., st. 391–397.
- [2] Botti, J., Miller, C.: *Removing the automobile from the environmental equation*, Engine Technology International, 1999., st. 14–16.
- [3] VW – *Forschung für die Zukunft Kraftstoffeffizienz durch Fahrzeugtechnik*.
- [4] Ведерников, Д. Н.; Шляхтов, В. А.: *Решение актуальных проблем дальнейшей модернизации: современная практика изобретателей и перспективные (по материалам зарубежной печати)*, Тренинг и износ, том 15 № 1, январь – февраль, 1994., st. 138–147.
- [5] Speckens, F. W.; Hermsen, F. G.; Bück, J.: *Konstruktive Wege zum reibungsarmen Ventiltrieb*, MTZ 03/1998., st. 176–181.
- [6] Gruden, D.: *Goriva i ekologija vozila*, Monografija: Istraživanja u oblasti motora SUS, MF Kragujevac, 2000.
- [7] Boch, C.: *Wirkungsorientierte Bewertung von Automobillabgasen*, MTZ 11/1998., st. 716–721.
- [8] Esch, T.: *Verbrauchseinsparung durch bedarfsgerechten Antrieb der Nebenaggregate*, MTZ 7–8/1994., st. 416–431.
- [9] Kollmann, K.; Niefer, H.; Panten, D.: *Wohin führt die Weiterentwicklung der Ottomotoren*, MTZ 10/1998., st. 630–642.
- [10] Pešić, R. i drugi: *Trendovi u razvoju savremenih motora i pogonskih materijala za vozila*, Stručno savetovanje GALAX '98, Kopaonik 1998., Zbornik radova, st. 127–137.
- [11] Urban, J.; Rusnak, R.: *The Thermodynamic Potential of the Internal Combustion Engines Before XXI Century*, 1998.
- [12] Samerski, L.: *Low – friction piston*, Karl Schmidt (publikacija).
- [13] Thiele, E.: *Ermittlung der Reibungsverluste in Verbrennungsmotoren*, MTZ 06/1982., st. 253–258.
- [14] Thiele, E.: *Mechanische Reibungsverluste in Hubkolben-triebwerken*, Institut für Kolbenmaschinen, Universität Hannover, 1985.
- [15] Građin, B. Z.: *Analiza mehaničkih gubitaka dizel motora sa direktnim ubrizgavanjem*, magistarski rad, MF Beograd, 2000.
- [16] Halsband, M.: *Messung und Optimierung der Reibungsverluste der Kolbengruppe – Teil 1*, MTZ 11/1994., st. 664–671.
- [17] Monaghan, M. L.: *Engine Friction – a Change In Emphasis*. The Institution of Mechanical Engineering, BP Tribology Lecture, 1987., p. 14.