

Jerzy Merksiz - Vladimír Hlavňa \*

# SPAĽOVACIE MOTORY NA PRELOME TISÍCROČÍ

## INTERNAL COMBUSTION ENGINES AT THE TURN OF MILLENNIA

*Príspevok pojednáva o nových smeroch vo vývoji spaľovacích motorov vo svetle sprísnených ekologických predpisov týkajúcich sa výfukových plynov, hluku, spotreby paliva. Autori diskutujú o možných úpravách zážihových i vznetrových motorov (pre ľahké i ťažké nákladné automobily), ktoré sa urobili preto, aby motory spĺňali súčasné i budúce predpisy na škodliviny vo výfukových plynach.*

*Trends in the development of piston internal combustion engines in a view of tightened ecological regulations (exhaust and noise emissions, fuel consumption) have been presented in this paper. Possibilities and ways of engine design adjustments, both gasoline and diesel type (light and heavy duty), that were undertaken to fulfil the present as well as the expected standards of exhaust toxicity have been discussed as well.*

### ÚVOD

Prelom tisícročí je charakterizovaný aj hľadaním ciest zabezpečenia trvalo rastúcej mobility v rovnováhe s kvalitou života, existujúcim priestorom a ekonomickým potenciálom spoločnosti. Súčasný vývoj spoločnosti spôsobil zvýšenie masovú mobilitu a veľmi ovplyvnil vzor správania, ako aj životný cieľ, najmä v priemyselných krajinách. Výroba dopravných prostriedkov a najmä všadeprítomnosť automobilov vytvorili taký spôsob života, v ktorom ľudia veria vo svoje právo na mobilitu [1]. Niektoré údaje globálnych ukazovateľov tejto prognózy sú uvedené v tabuľke 1 [2]. Sami autori pripúšťajú určitú neverohodnosť týchto údajov, no napriek tomu veľmi zreteľne ilustrujú dilemy a rozpory XXI. storočia. V tejto súvislosti treba upozorniť na tie fragmenty prognózy, ktoré poukazujú na prudký nárast počtu automobilov až na hodnotu 1600 miliónov a na nárast počtu obyvateľov. Predpokladaný vývoj nárastu jednotlivých druhov cestných motorových vozidiel je znázornený na obrázku 1. Ďalší vývoj dopravy je neoddeliteľne spojený s vývojom dopravných prostriedkov a otázkami hodnot životného štýlu, spôsobu života a hospodárenia. Škodlivé účinky dopravy na životné prostredie musia byť obmedzované presadzovaním rýchlejších, bezpečnejších, ekologickejších a pohodlnejších dopravných prostriedkov. Produkcia dopravných prostriedkov vo veľkej miere závisí od požiadaviek prepravy. V súčasnej dobe vystupuje do popredia určitá anomália. Vznik železničnej dopravy má svoje fyzikálne opodstatnenie (ide najmä o minimalizáciu energie potrebnej na pohyb), napriek tomu, na konci dvadsiateho storočia, dochádza k zmene ťažiska dopravy zo železnice na cestu. Podstatnou príčinou však nie sú dopravné prostriedky, ale organizácia dopravy so všetkými službami. Nielen v produkcii, ale aj vo využívaní automobilov podstatne prevládajú osobné vozidlá. Pre názornosť je v tabuľke 2 uvedený prehľad podielu jednotlivých kategórií automobilov na

### INTRODUCTION

The turn of millennia is characterised by looking for ways in which an ever increasing mobility would be in balance with the quality of life, existing space and economic potential of a society. The ongoing development of the society has caused a huge mass mobility and has a considerable influence on the behaviour pattern as well as on priorities of people especially in industrial countries. The production of means of transport and, particularly, omnipresence of cars have created such a way of life that people believe in their right of mobility [1]. Some numerical data of the global indices of this prognosis can be seen in Table 1 [2]. The authors themselves admit certain unreliability of the data. In spite of the fact, they clearly outline dilemmas and discrepancies of the 21st century. The attention should be drawn to those fragments of the prognosis that show a steep increase in the number of cars reaching as many as 1,600 mil. and increase in the number of population. The expected development of the increase of several types of road motor vehicles can be seen in Fig. 1. Further development of transport is closely connected with the development of means of transport and with questions of priorities and values of life-style, way of life and economy. Harmful impact of transport on the environment has to be limited through using faster, safer, more environmental friendly and more comfortable means of transport. The production of means of the transport depends to a great extent on the requirements of transportation. At present a certain anomaly can be observed. Though railway transport has its physical foundation (it is mainly minimisation of energy needed for movement) towards the end of the 20th century the centre of transportation has been shifted from railways to roads. The real cause of such a situation are not means of transport, but organisation of transport with all the services. Not only in production but also in actual use passenger cars prevail substantially. Table 2 shows a share of different categories of cars in

\* Prof. Jerzy Merksiz, D.Sc., Ph.D., Mech.E., Institute of Internal Combustion Engines and Basics of Machine Design, Poznań University of Technology, ul. Piotrowo 3, 60 965 Poznań, Poland, phone: 48-61-8782204; e-mail: merksiz@put.poznan.pl  
Prof. Vladimír Hlavňa, Ph.D., Mech.E., Department of Railway Vehicles, Engines and Lifting Equipment, University of Žilina, Veľký diel, 010 26 Žilina, Slovak Republic, phone: +421-89-530 16, e-mail: hlavna@fstroj.utc.sk

Slovensku v roku 1998, na obrázku 1 celkový trend vývoja výroby motorových vozidiel, na obrázku 2 percentuálny podiel výroby osobných automobilov vo svete a na obrázku 3 je znázornený predpokladaný rozvoj výroby a potreba osobných automobilov v strednej a východnej Európe.

Tab. 1

Ukazovateľ	Jednotky	1990	2000	2025	2050	2100
Počet obyvateľov	miliardy	5,252	6,205	8,414	10,031	11,312
Automobily v prev.	mln ks.	630	990	1600	-	-
Emisia CO <sub>2</sub>	mld ton C	7,4	8,4	12,2	14,5	20,3
Emisie dusíka	mln ton N	12,9	13,8	15,8	16,6	17,0

Dopravný prostriedok budúceho storočia predovšetkým nebude môcť zatažovať životné prostredie takým stupňom ako doteraz. Musí podstatne efektívnejšie využívať energiu a musí jej spotrebovať menej. Ďalšou veľmi dôležitou úlohou bude jeho bezpečnosť.

V súčasnej dobe je spaľovací motor takmer výhradným zdrojom pohonu dopravných prostriedkov pre cestnú, vodnú a leteckú dopravu. V koľajovej doprave sa ako zdroj energie využíva vo väčšej miere elektrický pohon. V cestnej, koľajovej a vodnej doprave sú využívané piestové spaľovacie motory, v leteckej doprave prevažujú prúdové motory. Situácia sa ani v najbližšej budúcnosti podstatne nezmení, najmä preto, že spaľovací motor sa neustále zdokonaľuje.

Percentuálny podiel jednotlivých kategórií automobilov v SR 1998 [4]

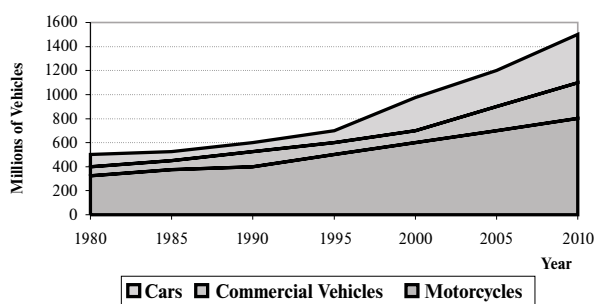
Tab. 2.

Kategória automobilu	Osobné a dodávkové	Nákladné a špeciálne	Autobusy	Motocykle
Podiel %	83	10	1	6

the Slovak Republic in 1998. Fig. 1 illustrates the global trend in development of production of motor vehicles. Fig. 2 presents the share of the world production of passenger cars in percent and Fig. 3 offers the expected development of production and need of passenger cars in Central and Eastern Europe.

Table 1

Index	Units	1990	2000	2025	2050	2100
Population	milliard	5.252	6.205	8.414	10.031	11.312
Cars in operation	millions	630	990	1600	-	-
CO <sub>2</sub> emissions	mild tons C	7.4	8.4	12.2	14.5	20.3
N emissions	miln tons N	12.9	13.8	15.8	16.6	17.0



Obr. 1. Celkový trend vývoja motorových vozidiel [3]

Fig. 1 Global trend in motor vehicles [3]

The means of transport of the next century will not be allowed to impair the environment so severely as it does nowadays. It will have to use energy much more efficiently and will have to need it less. Another highly important objective will be its safety.

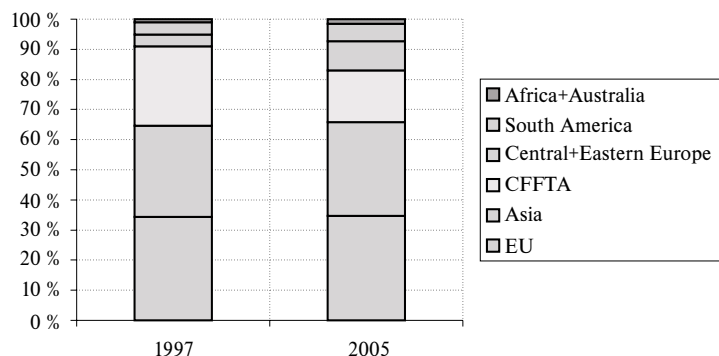
The internal combustion engine is at present almost a sole driving source for means of transport designed for road, water and air transport. In rail

transport, electric drive is used more often as a source of energy, while in road, rail and water transport, piston combustion engines are used. In air transport jet engines prevail. The situation will probably not change substantially in the near future mainly due to the fact that the engine is being continuously improved.

Share of different categories of cars in the Slovak Republic in 1998 [4]

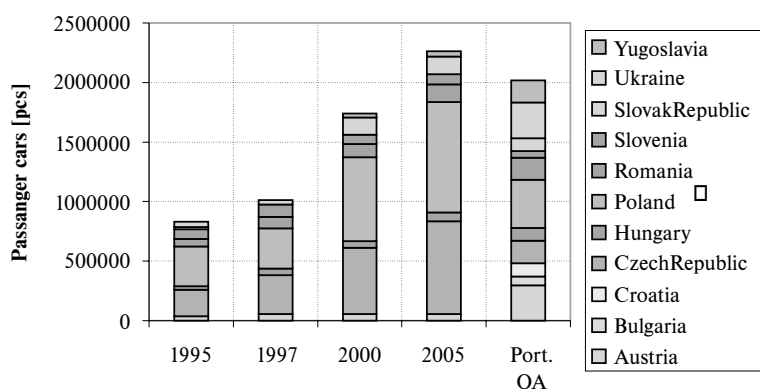
Table 2

Category	Passangers Cars & Commercial V.	Lorries & Special V.	Buses	Motocycles
Share in %	83	10	1	6



Obr. 2. Percentuálny podiel výroby osobných automobilov vo svete v roku 1997 [4]

Fig. 2 Share of the world car production in 1997 [4]



Obr. 3. Rozvoj výroby a potreba osobných automobilov v strednej a východnej Európe [4]  
Fig. 3 Development of production and need of passenger cars in Central and Eastern Europe

## TRENDY VÝVOJA SPAĽOVACÍCH MOTOROV

Vývoj spaľovacieho motora bude určovaný stále prísnejšími požiadavkami na toxicitu výfukových emisií, hluku a spotreby paliva. Keďže je súvislosť medzi spotrebou paliva a klimatickými podmienkami, najmä pokiaľ ide o emisie CO<sub>2</sub>, zníženie spotreby paliva nie je dôležité iba pokiaľ ide o prírodné zdroje, ale tiež z hľadiska ochrany globálnej klímy. Takže smery vývoja motora budú určovať miestne a globálne postoje k ochrane životného prostredia - tabuľka 3.

## TRENDS IN ICE DEVELOPMENT

The engine development will be enforced mainly by still tougher demands relative to the toxicity of exhaust emission, emitted noise and fuel consumption. Since there is connection between fuel consumption and climatic conditions, relative to carbon dioxide CO<sub>2</sub> emissions in particular, the reduction in consumption is not only important as far as resources are concerned, but also protecting global climate. Thus, directions of engine development will be determined by local and global problems of environmental protection - Table 3.

Ekologické a ekonomické faktory úspešného motora [5]

Tab. 3.

Legislativa	Verejnosť	Zákazník	Výrobca
výfukové emisie CO, HC, NO <sub>x</sub> , PM	dymivosť	spotreba paliva	nenáročnosť výroby
spotreba paliva/emis CO <sub>2</sub>	zápach	životnosť	kvalita
hluk (vonkajší)	hluk (subjektívny)	výkon, riaditeľnosť	výrobné náklady
recyklovateľnosť	nepojazdné vozidlá	spoľahlivosť	zisk
bezpečnosť		údržba	trh, konkurencia
		cena	

Ecological and economical factors of a successful engine [5]

Table 3.

Legislation	Public	Customer	Manufacturer
exhaust emissions: CO, HC, NO <sub>x</sub> , PM	smoke	fuel consumption	ease of manufacture
fuel consumption /CO <sub>2</sub> emission	odor	durability	quality
noise (pass by)	noise (subjective)	performance, driveability	production cost
recycling	broken-down vehicles	reliability	profits
safety		maintenance	market, competition
		price	

Pokračujúce zhoršovanie životného prostredia spôsobuje, že požiadavky na zlepšenie prevádzky motorových vozidiel, ktoré sú

However, the proceeding degradation of the environment causes that demands for improvement of the operation of vehicles

vybavené spaľovacím motorom, sú zvýraznené prísnejšími limitmi emisii - tabuľka 4 [5]. Podrobné požiadavky (limity) sú špecifikované v ustanoveniach, ktoré uverejnili renomované agentúry ako: Environment Protection Agency EPA, a California Air Resource Board CARB v USA a Ekonomická komisia pre Európu ECE - agentúra spojených národov. Ekonomická komisia vydáva ECE predpisy, podobné EÚ, ktorá vydáva EC direktívy pre Európu. CARB postupne zavádza vozidlá s nižšími emisiami:

- TLEV (prechodne nízke),
- LEV (nízke),
- ULEV (ultra nízke),
- ZEV (bezemisné vozidlá).

EPA (federálne predpisy) obsahujú následné predpisy definované ako Tier 0, Tier 1 a Tier 2, zatiaľ, čo EÚ predkladá EURO I, EURO II, EURO III a EURO IV.

Porovnanie limitov výfukových emisií v Kalifornii Tab. 4

Zložka v (g.mil <sup>-1</sup> )	Začiatok 50 r.	Dnes (ULEV)	Redukčný faktor
NO <sub>x</sub>	3,6	0,2	18
CO	87,0	1,7	51
HC, NMHC*	13,0	0,04*	325
PM	neobmedzené	0,04	-

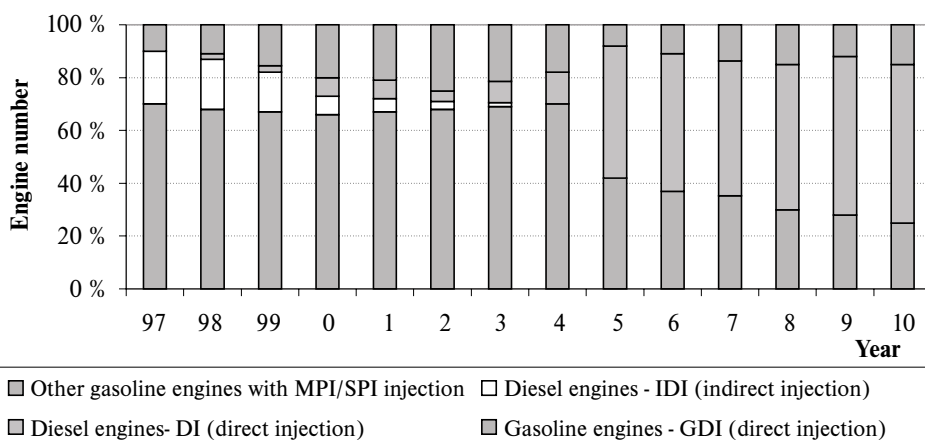
equipped with IC-engines are underlined by tougher emission standards Table 4 [5]. The detailed requirements (limits) are specified in regulations published by relevant agencies as: the Environment Protection Agency (EPA) and the Economic Commission for Europe (ECE-agenda of the United Nations). The latter issues the ECE regulations similar to the European Union (EU) which issues EC directives for Europe CARB gradually introduces vehicles of lower emission:

- TLEV (transitional low),
- LEV (low),
- ULEV (ultra low),
- ZEV (zero emission vehicles).

EPA (federal regulations) anticipates consecutive regulations defined as Tier 0, Tier 1 and Tier 2, while EU anticipates: EURO I, EURO II, EURO III and EURO IV.

Comparison of exhaust emission standards in California Table 4

Compound (g.mil <sup>-1</sup> )	Early 1950s	Today (ULEV)	Reduction factor
NO <sub>x</sub>	3.6	0.2	18
CO	87.0	1.7	51
HC, NMHC*	13.0	0.04*	325
PM	unlimited	0.04	-



Obr. 4. Predpokladaný percentuálny podiel motorov na rôzne palivá pre automobily, ktoré sa budú vyrábať v EÚ v rokoch 1997-2010 [6]

Fig. 4 Foreseen % share of engines with different fuel supply in cars to be manufactured in the EU in years 1997-2010 [6]

Problém znečistenia spoločného automobilmi je komplexný, riešenie individuálnymi prostriedkami je neadekvátne. Potrebný je systematický prístup k problematike v každej časti systému „motor - vozidlo“, ako aj ku každému stupňu jeho života (výroba - prevádzka opotrebenie vrátane recyklácie).

Konštrukcia motorov (vznetových a zážihových) je si stále viac a viac podobná. Vzhľadom na uvedené ekologické podmienky sa pre oba typy motorov uprednostňuje priame vstrekovanie paliva do spaľovacieho priestoru - obrázok 4, 5 a 6.

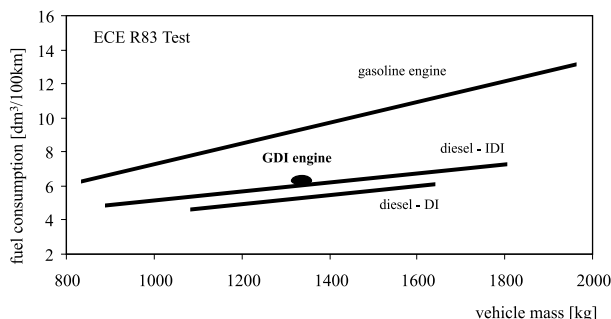
The problem of pollution caused by automobiles is complex. The solution through individual means is pretty inadequate, therefore, a systematic approach to the problem is necessary in every aspect of the “engine - vehicle” system, as well as at every stage of its life (production, operation and degradation including recycling).

Construction of engines (diesel and spark ignition - gasoline) is more and more similar. Because of the above mentioned ecological conditions a direct fuel injection to the combustion chamber is the preferable solution for both types of engines - Figs. 4, 5 and 6.

V súčasnosti sú konštrukčné riešenia navrhovaných vznetrových i zážihových motorov v mnohých aspektoch celkom podobné [5,7]:

- priame vstrekovanie,
- presné vstrekovanie a tvorba zmesi,
- kontrola prietoku paliva,
- centrálné spaľovanie,
- veľkozdvihová konštrukcia,
- počet valcov do 6,
- použitie viacventilových hláv,
- premenlivé časovanie ventilov,
- použitie vysokých vstrekovacích tlakov,
- „čisté“ konvenčné palivo (malý obsah síry), alternatívne palivá (CNG = stlačený zemný plyn, LNG = skvapalnený zemný plyn, LPG = skvapalnený propán bután, MRE = metylester repkového oleja, metanol, etanol, vodík),
- dynamicky modulovaná recyklácia výfukových plynov EGR (vrátane chladienia),
- zníženie trenia:
  - znížená stredná piestová rýchlosť,
  - znížené trenie piesta, pohonu vačky a ventilu,
  - nízke trenie mazacích olejov,
  - pomocných zariadení,
- nahradenie mechanických pohonov elektrickými (napr. el. palivové čerpadlá, chladiace čerpadlá, atď.), riadený generátor,
- rýchly ohrev chladiaceho systému (t.j. rýchle zohriatie celého systému motora na prevádzkovú teplotu),
- ladené plniace potrubie (dynamické plnenie),
- elektrické riadenie výkonu,
- katalyzátory a lapáče PM,
- tepelný akumulátor,
- samodiagnostický systém (OBD = diagnostika na palubnom paneli).

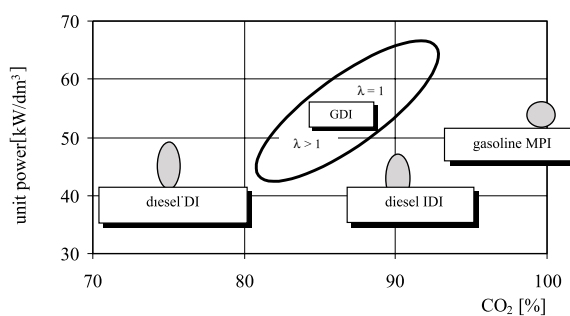
Pre zážihový motor je konečným riešením prechod od dnes používanej stechiometrickej zmesi ( $\lambda = 1$ ) v kombinácii s katalyzátorom TWC (trojcestný) s  $\lambda$  sondou na spaľovanie chudobných zmesí. Je zjavné, že proces nahradzovania karburátora jednobodovým vstrekaním SPI a následne viac-bodovým vstrekovacím systémom MPI nakoniec vyústí do rozsiahleho používania zážihového systému s priamym vstrekom GDI [5, 6, 8]. Očakáva sa, že modernizované viacbodové vstrekovanie bude základom pre zážihové motory, ak sa bude vyvíjať v kombinácii s dômyselnými technológ-



Obr. 5. Porovnanie spotreby paliva vozidiel s motormi zážihovými a vznetrovými [10]  
Fig. 5 Comparison of fuel consumption in cars of different combustion systems [10]

At present, constructional solutions applied in diesel and gasoline engines in many aspects are quite similar, for example [5,7]:

- direct injection,
- precise injection and mixture formation,
- mass flow control,
- central combustion,
- long-stroke design,
- cylinder cut off at > 6 cylinder,
- introduction of multivalve heads (for reduced pumping losses),
- variable valve timing,
- application of high injection pressure,
- „clean“ conventional fuel (lower sulphur) and alternative fuels (CNG-compressed natural gas, LNG= liquefied natural gas, LPG = liquefied petroleum gas, RME = rapemethylester, methanol, ethanol, hydrogen);
- dynamic modulated EGR (exhaust gas recirculation; including cooling),
- friction reduction;
  - reduced mean piston speed,
  - reduced friction of piston, cam drive and valve,
  - low friction lubrication oils,
  - auxiliaries,
- replacing mechanical drives with electric ones (e.g. electric fuel pumps, cooling fluid pumps etc.), controlled generator,
- quick warm-up of the cooling system (possibly quick achievement of necessary operational temperature by all engine systems),
- variable inlet tube (dynamic charging),
- electrical power steering,
- catalytic and PM trap technology,
- latent heat battery,
- self - diagnostic of the system (OBD = on board diagnostic).



Obr. 6. Redukcie emisií CO<sub>2</sub> priamym vstrekaním [10]  
Fig. 6 Possibilities of reduction in CO<sub>2</sub> emission for direct injection systems [10]

For a gasoline engine, the final solution is a transition from the currently used supply with the stoichiometric mixture ( $\lambda = 1$ ) combined with the TWC catalyst and the  $\lambda$ -probe to the combustion of lean mixtures. It seems obvious that the process of replacing a carburettor with a single point injection (SPI), and eventually with the multi-point injection system (MPI) finally will end with

a widespread application of the gasoline direct injection system GDI [5, 6, 8].

giami katalytických konvertorov, ktoré redukujú emisie toxických zložiek hneď po štarte motora [6,9]. Obdobie po studenom štarte je veľmi dôležité pre celkové emisie toxických látok (najmä pre HC, počas prvých 100 s testu FTP 75 dosiahla hladina až 80 % celkovej hodnoty emisie HC, pretože procesy v motore sú nestabilné a katalyzátor ešte nepracuje [9]).

Aby sa dosiahli nízke emisie - obrázok 7, je potrebné dodržať tieto technológie:

- kontrola každého valca lambda sondou (spätná väzba),
- použitie dvoch katalyzátorov TWC, (hlavný a spúšťač, ktorý pracuje v obtoku alebo v systéme, v ktorom je štartovací katalyzátor pred hlavným),
- katalyzátor a lambda sonda sú elektricky vyhrievané,
- vývoj TWC katalyzátorov za účelom zvýšenia ich účinnosti, pre väčší rozsah miešacieho pomeru,
- optimalizácia kovovej kompozície katalyzátora,
- DeNO<sub>x</sub> (redukčný) a TWC katalyzátor,
- NO<sub>x</sub> katalyzátor,
- sekundárny vzduch pre katalyzátor,
- palivový horák pred katalyzátorom (horák výfukových plynov v katalyzátore),
- uskladnenie vo vaku (asi 100 dm<sup>3</sup>) počas studeného štartu.

Normy obmedzujúce toxicitu výfukových plynov sa budú musieť dodržať bez ohľadu na typ motora. Vznetové motory môžu dodržať súčasné normy vtedy, ak sa na nich vykonajú veľké konštrukčné úpravy. Smery vo vývoji vznetových motorov vedú k podstatnému zníženiu množstva emitovaných toxických zložiek.

Je potrebné prijať nasledovné kroky, aby sa dosiahlo splnenie predpísaných limitov u ľahkých vozidiel (LD) a ťažkých vozidiel (HD) (motory tohto typu sú iba vo vozidlách s hmotnosťou viac než 3 500kg):

- veľký súčiniteľ prebytku vzduchu preplňovaním a s medzichladčom,
- optimalizácia spaľovacieho priestoru a víru (berieme do úvahy vzájomnú súvislosť medzi tvarom vstupného kanála, konfiguráciou spaľovacieho priestoru a systému hydraulického vstrekovania),
- vysoký vstrekovací tlak s počiatočnou zníženou dávkou paliva,
- dodatočné impulzné preplňovanie počas akcelerácie s použitím stlačeného vzduchu z tlakového zásobníka,
- elektronické nastavenie parametrov vstrekovania (dávka paliva, uhol vstrelu, doba vstrelu, vstrekovací zákon, vstrekovací tlak) ako funkcia mnohých premenných zatiaľ, čo by sa uhol mal znížiť, tlak zvýšiť, čas skrátiť a priebeh vstrekovacieho zákona by mal byť podľa požiadaviek hnaného stroja,

However, one should expect that modernised multi-point injection will be a basic system of gasoline engine supply if it develops employing sophisticated technologies of catalytic converters reducing emission of toxic compounds just after the engine's start [6, 9]. This period following a cold start is very important for total toxic emission (particularly for HC; during first 100 seconds of FTP-75 test HC-emission reaches the level of about 80% of entire HC-emission, because engine processes are unstable and the catalyst does not work yet [9].

The following technologies should be applied in order to achieve low emissions (Fig.7):

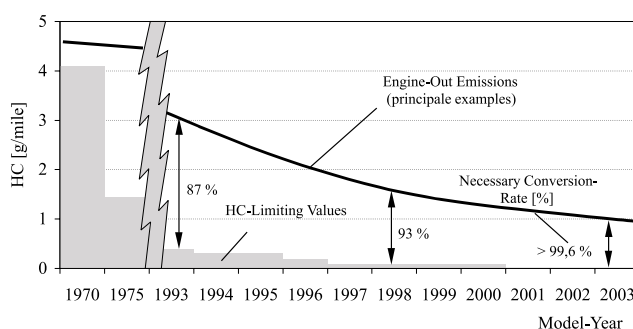
- cylinder individual control of lambda (close loop control),
- application of two catalyst TWC (Three Way Catalyst): the main and the start one operating in the by-pass system incorporating the start catalyst in front of the main one,
- catalyst and the probe are electrically heated,
- development of the TWC catalyst in order to increase their efficiency in a wider range of the Air to Fuel ratio,
- optimised metal composition of catalyst converter,
- DeNO<sub>x</sub> catalyst converter + TWC catalyst,
- storage NO<sub>x</sub> catalyst,
- secondary air to the catalyst,
- fuel burner in front of catalyst (exhaust gas burner in the catalyst),
- storage in bag (about 100dm<sup>3</sup>) during the cold start.

Standards limiting toxicity of the exhaust have to be met regardless of the engine type. The present standards can be satisfied by the diesels after introduction of major design modifications. However, tendencies in diesel engine development lead toward a substantial reduction in the amount of emitted toxic compounds.

The following measures that enable fulfilment of toxicity standards by the LD (light duty) and HD diesels (heavy duty; engines of this kind are applied solely in the vehicles of mass exceeding 3500 kg) have been already undertaken:

- high A/F ratio by boosting and charge air intercooling,
- optimisation of combustion space and swirl (taking into account mutual connections between shape of the inlet port, configuration of combustion space and system of hydraulic injection),

- high pressure injection with initially reduced injection rate,
- additional impulse supercharging during acceleration using compressed air from a pressurised container,
- electronic adjustment of injection parameters (fuel dose, injection advance angle, injection time, course of IR (Injection Rate) and injection pressure) as a function of many variables, while angle should be reduced, pressure increased, time



Obr. 7. Zníženie limitu pre emisie HC, požadovaná hladina zníženia HC a účinnosť katalyzátora podľa noriem US

Fig. 7 Reduction in the HC emission limit, required reduction level in HC emission and catalyst efficiency for fulfilment of the US standards

- zvýšený kompresný pomer a maximálny spaľovací tlak,
- zvýšené turbulencie a zníženie víru,
- filtrácia pevných častíc (PM), oxidačné katalyzátory (Oxicat), DeNO<sub>x</sub> katalyzátory (pre vysoké hodnoty súčiniteľa prebytku vzduchu),
- výkonová turbína (turbocompound - iba pre HD),
- dodatočné ošetrovanie výfukových plynov - filtre pre PM, a oxidačné katalyzátory, systémy SCR (Selective Catalytic Reduction-selektívna katalytická redukcia, redukcia NO<sub>x</sub> pridaním amoniaku do katalyzátora) a katalyzátorov DeNO<sub>x</sub> nového typu (pre vysoké lambda).

Kľúčom k splneniu týchto požiadaviek môže byť rozsiahle zavedenie elektronických riadiacich systémov (EMS Electronic Management System, ECU Electronic Control Unit).

## ZÁVER

Obdobie jednoduchých a lacných motorov i vozidiel sa skončilo. Alternatívne zdroje energie ako i nekonvenčné pohony (v ich súčasnom stupni vývoja) nie sú v skutočnosti alternatívou konvenčných motorov. Preto je ďalší vývoj spaľovacích motorov potrebný, s využitím nových typov spaľovania.

Vďaka tomu, že výkonnejšie elektronické procesory sú prístupné, je ich využitie pre systémy riadenia prevádzkových parametrov motora celkom bežné. Týmto spôsobom bolo umožnené dodržanie charakteristík variácie individuálnych parametrov v závislosti od série vstupných údajov, a je teda možná multiparametrická optimalizácia prevádzky motora. Aby sa uspokojili rôzne požiadavky ako je čistota výfuku, nízka spotreba paliva pri vysokom výkone a aby sa dynamika vozidla zachovala nezmenená, všetky riadiace systémy musia vykonávať široký okruh činností [8].

Splnenie požiadaviek na čistotu výfuku povedie konštruktérov k tomu, aby hľadali také riešenia, ktoré umožnia zníženie toxicity výfukových plynov spaľovacích motorov. Tieto riešenia vedú k obmedzeniu príčin tvorby toxických zložiek (materiály a organizácia spaľovacieho procesu) alebo účinkov už vytvorených zložiek (katalyzátory, filtre sadzí) a tak prispievajú k zníženiu látok znečisťujúcich atmosféru.

Vo všeobecnosti sa legislatíva týka novoprodukovaných vozidiel, zatiaľ čo celkové škodlivé emisie závisia predovšetkým od emisného indexu vozového parku a celkového počtu vozidiel. Takže, aby sa dosiahlo výrazné zlepšenie efektívnosti dopravy, je potrebné:

- podporovať obnovu vozidiel,
- zamedziť nepotrebnú dopravu,
- preferovať verejnú hromadnú dopravu,
- robiť komplexné akcie (kombinovaná doprava, organizácia prepravy, nové proekologické technológie...).

Aby automobilový priemysel bol úspešný, je treba spomenúť dve hlavné odporúčania: ponúkaná technológia musí mať pre zákazníka hodnotu, musí byť ľahko použiteľná a samotné vozidlá musia byť súčasťou celkového systému riadenia prepravy.

- shortened and the course of injection rate should be formed according to engine run parameters,
- increased compression ratio and peak cylinder pressure,
- increase in turbulences and reduction in swirl,
- filters of particulate matter, oxidising catalysts (Oxicat), DeNO<sub>x</sub> catalyst (for high values of air excess ratio lambda),
- additional power turbine (turbocompound - only for HD),
- exhaust gas aftertreatment - filters of the particulate matter PM and oxidising catalysts, SCR systems (Selective Catalytic Reduction of NO by addition of ammonia to a catalyst) and the DeNO<sub>x</sub> catalysts of a new type (for high lambda),

A key to fulfil the requirements presented above is possibly the extensive introduction of electronic control systems equipped with microprocessor (EMS= Electronic Management System, ECU = Electronic Control Unit).

## CONCLUSION

The era of simple and cheap engines and vehicles is over. Neither alternative sources of energy nor unconventional drives (at their present stage of development) are a real alternative for the conventional sources. Therefore, a further development of the internal combustion engines is necessary using new types of combustion.

Thanks to availability of more powerful electronic processors, their application to systems controlling engine operational parameters is quite common. This way a possibility of keeping characteristics of individual parameter variation depending on a series of input data came out and therefore a multiparameter optimisation of engine operation is feasible. As to satisfy various demands like exhaust cleanliness, reduction in fuel consumption, when high power and satisfactory dynamics of the vehicle are kept unchanged, all control systems have to conduct a wide range of duties [8].

Fulfilment of exhaust cleanliness standards will force the designers to look for solutions that enable reduction in toxicity of exhaust emitted by internal combustion engines. These solutions lead toward limitation of causes of toxic compound creation (materials and organisation of combustion process) or effects of already created compounds (catalysts, soot filters) and this way towards reduction of pollutants emitted to the atmosphere.

Generally, all legislation concerning new vehicles regarding the harmful global emissions depend first of all on vehicle fleet emissivity index and the entire number of vehicles. So, in order to achieve a considerable improvement in transport effectiveness it is necessary to carry out the following measures:

- stimulation of vehicle renewal,
- avoidance of unnecessary transport,
- public transport in towns,
- complex undertakings (combined transport, traffic organisation, new proctologic technologies, etc.).

Two general recommendations must be brought about in order to continue the automobile industry's success: technology offered must be of value to the customer and easy to use and the vehicles themselves must be a part of total traffic management system.

Napriek svojej storočnej histórii má spaľovací motor pred sebou rezervy, ktoré mu umožnia splniť prísne predpisy a požiadavky.

## LITERATÚRA

- [1] HLAVŇA, V. a kol.: Dopravný prostriedok a životné prostredie, ES VŠDS Žilina, 1996, s. 7-24.
- [2] SZCZEPANIAK, C.: Cywilizacja a motoryzacja, Czasopismo techniczne Mechanika, WPK Krakow 1998, s. 3-14.
- [3] MERKISZ, J.: Internal combustion engines at the turn of millennia, Zborník konferencie Komunikácie na prahu tisícročia, Žilina sept.1998, s. 11-16.
- [4] LEŠINSKÝ, J.: Trendy rastu výroby a parku „OA“ a „NA“ v krajinách medzi Balkánom a Baltikom. Zborník prednášok MEKO-AUTO '98, SAITS, Slovnaft Reprografia s.r.o. Bratislava 1998, s. 25-36.
- [5] WOJIK, K. M., CARSTENSEN, H., CARTELLIERI, W.: Progress in Pollutant Reduction of Vehicles Engines, 3 Symposium Traffic Induced Air Pollution Emissions, Impact and Air Quality, Graz April 1996
- [6] BIELACZYK, P., MERKISZ, J.: Cold Start Emissions Investigation at Different Ambient Temperatures Conditions, SAE Paper 980401
- [7] SEIFFERT, U.: Technology and Telematics - a Driving Force in the Motor Industry, World Motor Conference, Frankfurt September 1997
- [8] OSPELT, W. M.: Road Vehicles- Efficiency and Emissions., Unites States Conference on Opportunities for International Cooperation to Mitigate Emission of Greenhouse Gases, Viena December 1994
- [9] HLAVŇA, V., JURSA, P., MERKISZ, J.: Nizka teplota spaľovacieho motora a jeho exhaláty, Strojnícky časopis 1, Bratislava 1997
- [10] ANDRIESSE, D., FERRARI, A.: Assessment of Stoichiometric GDI Engine Technology, Motor und Umwelt, Graz 1997

In spite of its long history there are still potential reserves in the IC engine that permit to satisfy rigorous regulations and demands.

## REFERENCES

- [1] HLAVŇA, V. a kol.: Dopravný prostriedok a životné prostredie, ES VŠDS Žilina, 1996, pp. 7-24.
- [2] SZCZEPANIAK, C.: Cywilizacja a motoryzacja, Czasopismo techniczne Mechanika, WPK Krakow 1998, pp. 3-14.
- [3] MERKISZ, J.: Internal combustion engines at the turn of millennia, Zborník konferencie Komunikácie na prahu tisícročia, Žilina sept.1998, str. 11-16.
- [4] LEŠINSKÝ, J.: Trendy rastu výroby a parku „OA“ a „NA“ v krajinách medzi Balkánom a Baltikom. Zborník prednášok MEKO-AUTO '98, SAITS, Slovnaft Reprografia s.r.o. Bratislava 1998, str.25-36.
- [5] WOJIK, K. M., CARSTENSEN, H., CARTELLIERI, W.: Progress in Pollutant Reduction of Vehicles Engines, 3 Symposium Traffic Induced Air Pollution Emissions, Impact and Air Quality, Graz April 1996
- [6] BIELACZYK, P., MERKISZ, J.: Cold Start Emissions Investigation at Different Ambient Temperatures Conditions, SAE Paper 980401
- [7] SEIFFERT, U.: Technology and Telematics - a Driving Force in the Motor Industry, World Motor Conference, Frankfurt September 1997
- [8] OSPELT, W. M.: Road Vehicles- Efficiency and Emissions., Unites States Conference on Opportunities for International Cooperation to Mitigate Emission of Greenhouse Gases, Viena December 1994
- [9] HLAVŇA, V., JURSA, P., MERKISZ, J.: Nizka teplota spaľovacieho motora a jeho exhaláty, Strojnícky časopis 1, Bratislava 1997
- [10] ANDRIESSE, D., FERRARI, A.: Assessment of Stoichiometric GDI Engine Technology, Motor und Umwelt, Graz 1997