

Vladimír Hlavňa – Rastislav Isteník *

NIKTORÉ PROBLÉMY KONŠTRUKCIE A PREVÁDZKY AUTOMOBILU VO VZŤAHU K ŽIVOTNÉMU PROSTREDIU

POSSIBILITIES OF SOLUTION OF AN AUTOMOBILE DESIGNING AND OPERATION IN RELATION TO THE ENVIRONMENT

Zaťaženie životného prostredia prevádzkou automobilov nie je malé. Ak produkcia emisií v ustálených stavoch prevádzky je viac-menej úspešne riešená, tak neustálené režimy prevádzky spôsobujú podstatne väčšie zaťaženie životného prostredia. Ide najmä o štart motora a rozbeh automobilu. V príspevku je analyzovaný rozbeh automobilu a sú uvedené niektoré cesty znižovania zaťaženia životného prostredia počas jeho rozbehu.

1. Úvod

Zmena životného prostredia je považovaná za prírodný proces, pretože všetky organizmy svojou existenciou menia svoje okolie. Človek má však veľkú schopnosť meniť okolie v krátkom čase. Veľa iných organizmov už nemá potom šancu prispôbiť sa týmto novým životným podmienkam a aj sám človek má niekedy s týmto prispôbením sa problémy.

Životné prostredie možno charakterizovať ako hmotné okolie živých organizmov vrátane človeka a zahŕňa základné prírodné zložky a zdroje – pôdu, ovzdušie, vodu, organizmy, ich spoločenstvá, ekosystémy a krajinný priestor, vrátane človekom ovplyvnených častí. Životné prostredie tak predstavuje zložitý komplex ekologických systémov, v ktorých sa vyvíja a realizuje život.

Doteraz vyvíjal človek svoje aktivity tak, aby uspokojil svoje potreby. Pritom využíval všetky danosti Zeme, aby rozvíjal hospodárstvo a priemysel bez ohľadu na to, že poškodzoval životné prostredie. Teraz sa nachádzame vo fáze uvedomovania si tejto nepriaznivej skutočnosti a hľadáme cesty ako ju zmeniť pozitívnym smerom. Názorne to ukazuje obrázok 1. Každé vnášanie chemických, biologických a fyzikálnych činiteľov do životného prostredia, vyvolané ľudskou činnosťou, sa pokladá za jeho zaťaženie – znečistenie či poškodenie.

V dávnej minulosti v rozhodujúcej miere určovalo životné prostredie človeku potrebu jeho mobility i vlastnú technickú i technologickú realizáciu tohto procesu. V súčasnosti je tento vzťah opačný – spoločenskými, hospodárskymi a ekonomickými podmienkami vyvolané potreby mobility – vyžadujúce rýchlejšie, čas-

The impact on the environment caused by operation of automobiles is obvious. Although production of emissions in steady-state operations is more or less successfully solved, unsteady operational modes result in a substantially greater impact on the environment. They are, in particular, an engine start and an automobile start up. The article deals with an analysis of an automobile start up and offers some ways of reducing the impact on the environment during the start up.

1. Introduction

Any change in the environment is considered a natural process because all living organisms change their environment due to their existence. Human beings also have a great ability to change the surrounds within a short period of time. Then there is not a chance for many other organisms to accommodate to these new living conditions and human beings themselves sometimes find it difficult to get used to changes.

The environment can be characterized as material world surrounding living organisms including human beings. It includes the basic natural components and sources – land, air, water, organisms, their communities, ecosystems and countryside including those parts which are influenced by human beings. The environment thus presents a complex of ecologic systems in which life is developed and realized.

So far human beings have developed their activities in such a way as to meet their needs. Doing so they have used all the gifts of the Earth to develop economy and industry paying no attention to the fact that the environment has been damaged. We are now at the stage of getting gradually aware of the unfavorable fact and looking for new ways of changing it positively. Fig. 1 illustrates the above-mentioned situation. Every entry of chemical, biological, and physical agents induced by human activity to the environment can be seen as its loading – pollution or damage.

In the past it was the environment that decisively limited needs of ancient people for mobility as well as technical and technological realization of the process. At present the relation is opposite – social and economic conditions call for mobility – requiring

* prof. Ing. Vladimír Hlavňa, PhD., Ing. Rastislav Isteník, PhD.

SjF Žilinská univerzita, Veľký diel, 010 26 Žilina, Tel.: ++421-41-5132670, 5132660 Fax: ++421-41-5253016

E-mail: vladimir_hlavna@kkvmz.utc.sk, rasto_istenik@kkvmz.utc.sk

tejšie a dlhšie cesty – a k nej nevyhnutná dopravná technika, t. j. dopravné prostriedky a dopravné cesty, vo veľkej miere ovplyvňujú životné prostredie človeka. Tým sú prekonávané ekonomické, sociálne, národnostné, etnické a geografické bariéry. Preto platí aj v mobilite už nastolená otázka: „Ako presmerovať súčasný kruh na ekologický?“.

Ak sa zoberie do úvahy skutočnosť, že jednou z vlastností, ktorá je v ľuďoch zakorenená, je snaha po voľnosti pohybu, t. j. mobilita, tak jedna z možností, ktorou sa problém presmerovania spomínaného kruhu môže riešiť je postupné zvyšovanie efektívnosti energetických zdrojov (hlavne fosílnych) pri minimalizácii zaťaženia životného prostredia uplatnením najnovších technických a technologických riešení pri zachovaní primeranosti nákladov.

Doprava ovplyvňuje životné prostredie v podstate dvojakým spôsobom:

- *pozitívne* tým, že účelným premiestňovaním osôb, surovín a tovaru zabezpečuje potreby spoločnosti i výkon niektorých služieb a výrazne prispieva k rastu turistiky,
- *negatívne* tým, že svojou existenciou, t. j. prevádzkou a zariadeniami ho poškodzuje a znehodnocuje.

Z dopravy je v súčasnosti podstatná časť obyvateľstva obťažovaná najmä výfukovými plynmi a hlukom. Biologické pôsobenie emisií sa hodnotí z hľadiska:

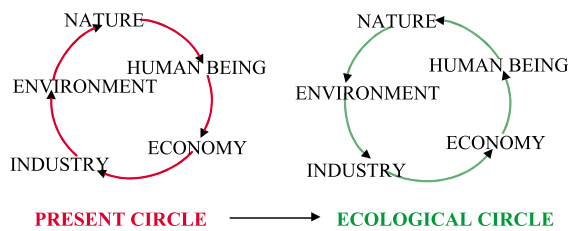
- toxicity, keď produkované emisie vyvolávajú otravy,
- genetiky, kedy sa pozornosť venuje látkam s karcinogénnymi a mutagénnymi účinkami,
- ekológie, sledujúce biotické a abiotické faktory. Z tohto hľadiska veľké nebezpečenstvo predstavujú nespálené resp. odpadné uhľovodíky a oxidy dusíka.

Za účelom zníženia rizika biologického pôsobenia emisií výfukových plynov dochádza k sprísňovaniu predpisov povolenej produkcie emisií pre výrobcov i užívateľov – pozri tabuľku 1. Výfukové plyny vznetrových motorov sú pre ľudí zaraďované ako látky pravdepodobne karcinogénne a výfukové plyny zážihových motorov sú možno karcinogénne.

Z obrázka 2 (štatistické údaje) a tabuľky 2 vyplýva, že životné prostredie najviac zaťažuje cestná – automobilová doprava. Podiel železničnej a leteckej dopravy na zaťaženie životného prostredia je približne rovnaký, ale oveľa menší ako automobilovej. Vplyv vodnej dopravy vychádza zanedbateľný. Avšak, porovnanie jednotlivých odvetví dopravy je problematické a závisí od voľby kritérií.

Množstvo emitovaných škodlivín vo výfukových plynch spaľovacích motorov závisí aj od množstva spotrebovaného paliva. So znižujúcou sa celkovou spotrebou paliva – obrázok 3 – sa znižuje aj produkcia škodlivých emisií.

faster, more frequent and longer journeys – and inevitable transportation technology, i.e. means of transport and routes, which considerably influence the environment. In this way economic, social, national, ethnic and geographical barriers are overcome. That is why also in mobility the following question “How to transfer the present circle to the ecological one?” holds.



Obr. 1. Súčasný a ekologický kruh
Fig. 1. Present and ecological circle

If we take into consideration the fact that one of the properties rooted deeply in human beings is the desire for freedom of movement, i.e. mobility, then one of the possibilities of solving the transformation of the mentioned circle will be a gradual increase in efficiency of energetic sources (mainly fossils) at minimal impact on the environment implementing sophisticated technical and technological

solutions within reasonable costs.

Transportation, in fact, influences the environment in two ways:

- *In a positive way* – thanks to its purposeful displacement of people, raw materials and goods it realizes needs of society and some services and considerably contributes to the growth of tourism,
- *In a negative way* – due to its existence, i.e. by means of its operation and equipment it damages and deteriorates the environment.

Present negative impacts of transportation on majority of population are mostly emissions and noise. Biological impact of emissions can be approached from the following points of view:

- toxicity, when produced emissions result in poisons,
- genetics, when attention is paid to substances featuring carcinogen and mutagen effects,
- ecology, focusing on biotic and abiotic factors. From this point of view great potential danger is represented by unburned or evaporated carbon dioxides and nitrogen oxides.

In order to reduce risks of biological impact of exhaust emissions there are more strict limits on allowable production of emission imposed on both manufacturers and users – see Table 1. Diesel engines emissions are referred to as substances probably carcinogen for people and spark ignition engines emissions maybe carcinogen.

Referring to Fig. 2 (statistical data) and Table 2 we can see that road – automobile transport has the greatest negative impact on the environment. The share of railway and air transport is relatively similar but considerably lower than the share of automobile transport. The share of water transport is negligible. Though, the comparison of individual branches of types of transport is problematic and depends on the choice of criteria.

Amount of emitted pollutants in emissions of combustion engines also depends on amount of consumed fuel. With a decreasing total amount of fuel – Fig. 3 – there is also a decrease in production of harmful emissions.

Vývoj podielu karcinogénnych látok pre vznetrové motory Tab. 1

Vznetrový motor	EURO I	EURO II	EURO III	Zážihový motor bez a s katalyzátorom.
100 %	60 %	30 %	15 %	20 - 4 %

Share of carcinogen substances for diesel engines Table 1

Diesel engine	EURO I	EURO II	EURO III	Spark ignition engine without and with a catalytic converter
100 %	60 %	30 %	15 %	20 - 4 %

Relatívne porovnanie vplyvu emisií jednotlivých druhov dopravy

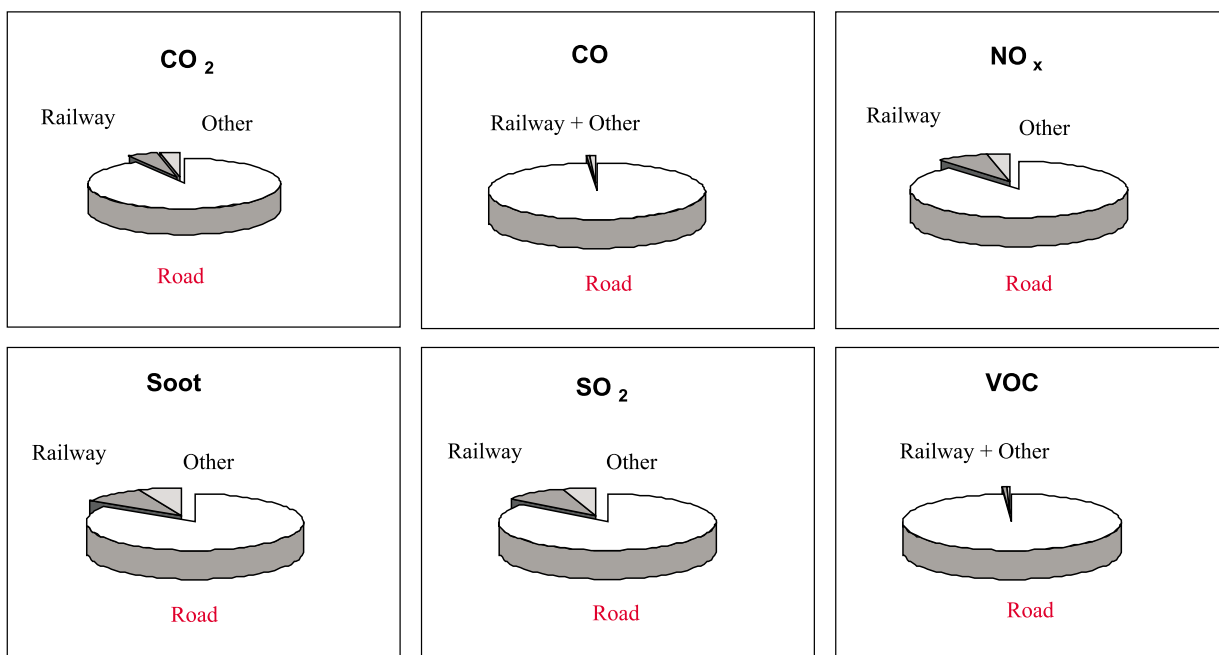
Tab. 2

Doprava	Emisie									Spolu
	CO	CO ₂	HC	SO ₂	NO _x	PM	Pb	Hluk	Vibrácie	
Cestná - osobné automobily	3	1	2		3	1	2	1		13
Cestná - úžitkové vozidlá	1			1	3	3		3	3	14
Železničná				1	1	1		2	1	6
Vodná				1	1	1				3
Letecká			1	1			1	3		6

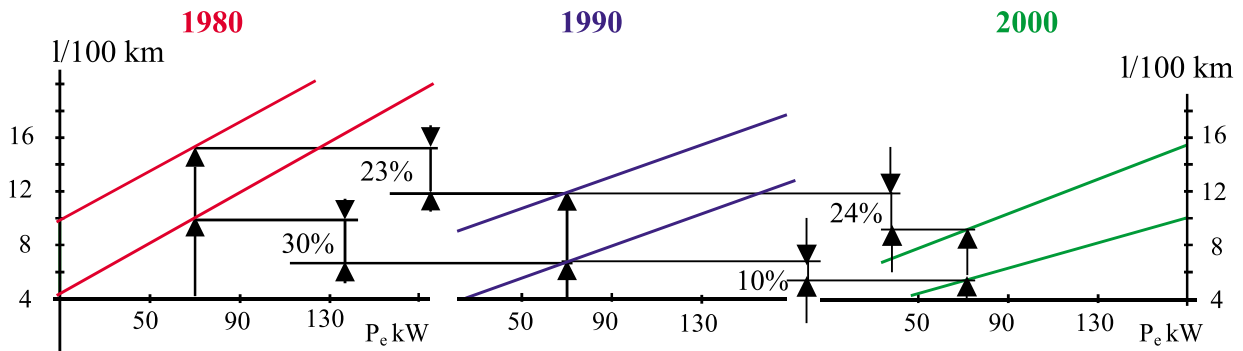
Relative comparison of influence of emissions of different types of transport

Table 2

Transport	Emissions									Total
	CO	CO ₂	HC	SO ₂	NO _x	PM	Pb	Noise	Vibrations	
Road - passenger cars	3	1	2		3	1	2	1		13
Road - utility vehicles	1			1	3	3		3	3	14
Railway				1	1	1		2	1	6
Water				1	1	1				3
Air			1	1			1	3		6



Obr. 2. Podiel vyprodukovaných emisií jednotlivých dopráv v SR roku 2001
Fig. 2. Share of emissions of types of transport in the Slovak Republic in 2001



Obr. 3. Orientačne - vývoj spotreby paliva cestných európskych vozidiel so zážihovým motorom (ECE)
Fig. 3. Development of fuel consumption for road European spark ignition engines (ECE)

2. Možnosti znižovania zaťaženia životného prostredia prevádzkou automobilov

Nosné smery v znižovaní zaťaženia životného prostredia prevádzkou automobilov všeobecne spočívajú v:

- technických riešeníach v konštrukcii i v prevádzke,
- technologických riešeníach v konštrukcii a prevádzke,
- systémových opatreniach v organizácii a riadení prevádzky automobilov,
- legislatívnych, ekonomických a osvetových opatreniach.

Nielen tlak legislatívy - obrázky 4 a 5, ale aj vzťah k životnému prostrediu vynucuje riešiť problém ekologicnosti a hospodárnosti automobilov technickými a technologickými riešeniami. Čo umožnili niektoré takéto opatrenia je ukázané na obrázku 6.

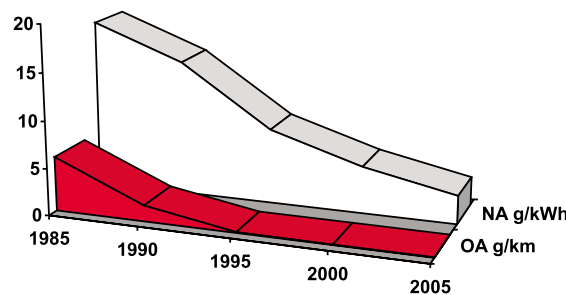
2. Possibilities of reducing negative impact on the environment caused by automobile operation

Main trends in reducing negative impact on the environment caused by automobile operation generally lie in:

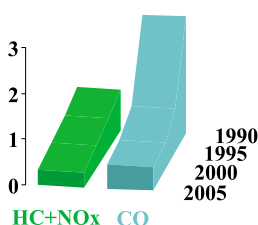
- Technical solutions in designing and operation,
- Technological solutions in designing and operation,
- System measures in organization and management of automobile operation,
- Legislative, economic and cultural measures.

It is not only legislation - Fig. 4 and 5 - but also the relation to the environment that forces us to solve issues of automobile ecology and economy by means of technical and technological solutions. What

has been achieved implementing some of the mentioned measures can be seen in Fig. 6.

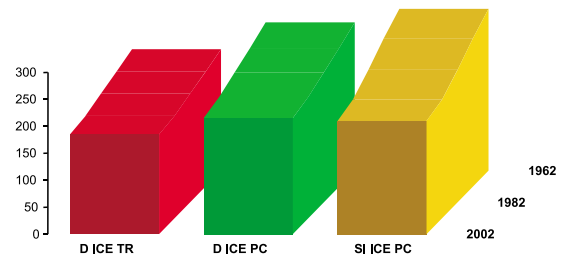
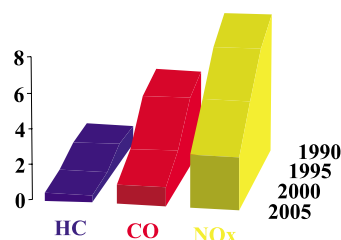


Obr. 4. Vývoj medzných hodnôt emisií pevných častíc pre osobné a nákladné automobily so vznetrovým motorom
Fig. 4. Development of limit values of solid particles for passenger and goods vehicles with diesel engines



Obr. 5. vľavo: Vývoj medzných hodnôt emisií v $g.km^{-1}$ pre ľahké nákladné automobily so vznetrovým motorom (test ECE+EUDC); vpravo: Vývoj medzných hodnôt emisií v $g.kW^{-1}h^{-1}$ pre ťažké nákladné automobily so vznetrovým motorom (test ECE R49)

Fig. 5. left: Development of limit values of emissions in $g.km^{-1}$ for light trucks with diesel engines (test ECE+EUDC); right: Development of limit values of emissions in $g.kW^{-1}h^{-1}$ for heavy duty trucks with diesel engines (test ECE R49)



Obr. 6. Vývoj mernej spotreby paliva pre rôzne spaľovacie motory v $g.kW^{-1}h^{-1}$
Fig. 6. Development of specific fuel consumption for different combustion engines in $g.kW^{-1}h^{-1}$

3. Simulácia rozbehu vozidla so spaľovacím motorom

V tejto časti je na základe numerickej simulácie posúdený vplyv zmeny tvaru momentovej krivky motora v jeho rýchlostnej charakteristike na niektoré parametre vozidla počas jeho rozbehu. Táto zmena bola dosiahnutá uplatnením ventilového rozvodu s variabilným časovaním. Posudzovanie (dynamických vlastností vozidla) sa obyčajne vyjadruje v charakteristikách rozbehu a dobehu vozidla. Uvedené parametre následne úzko súvisia s hospodárnosťou a zaťažovaním životného prostredia prevádzkou automobilu. Prechodový režim motora počas rozbehu vozidla nie je definovaný iba zvyšovaním jeho otáčok a zaťaženia. Z pohľadu zaťaženia životného prostredia výfukovými plynmi sú veľmi významné časové úseky v období preraďovania rýchlostných stupňov. Ako jedno z kritérií hodnotenia môže byť čas potrebný na dosiahnutie danej rýchlosti vozidla, resp. čas potrebný na dosiahnutie potrebnej dráhy.

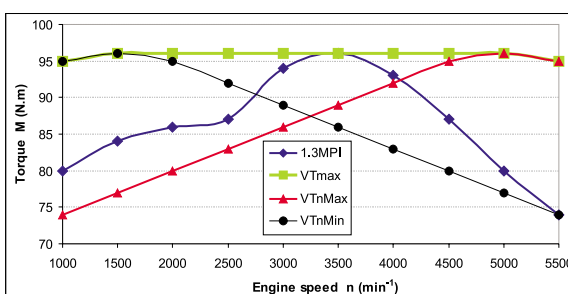
Definovanie problému

Uplatnením ventilového rozvodu s variabilným časovaním (VT - variable timing), napríklad hydraulicky ovládaného rozvodu VARROZ - KKVMZ, je možné optimalizovať činnosť motora v širokom rozsahu pracovných otáčok. Takýto rozvod umožňuje priamo ovplyvňovať napríklad tvar momentovej krivky v otáčkovej charakteristike motora. Zmena tvaru momentovej krivky a tiež absolútnych hodnôt dosahovaného momentu ovplyvňuje jazdné vlastnosti vozidla. Pri súčasnom rozvoji dopravy nastáva najmä vo väčších mestách problém so zvládnutím dopravnej situácie na preplnených cestných komunikáciách a križovatkách. Na vozidlo sú teda kladené čoraz väčšie nároky na dosahovanie vysokých zrýchlení pri rozjazdoch v križovatkách a v neposlednom rade aj pri predchádzaní iných vozidiel, čo má priamu nadväznosť na bezpečnosť posádky.

Cieľom je na základe numerickej simulácie posúdiť vplyv zmien tvaru momentovej krivky otáčkovej charakteristiky (dosiahnutých pomocou variabilného časovania rozvodu) na niektoré vybrané veličiny pri rozjazde vozidla.

Štandardné vstupné parametre približne zodpovedajú vozidlu Škoda Felicia 1,3MPI. Parametre potrebné pre výpočet, ktoré nie sú uvádzané výrobcom, resp. neboli k dispozícii ani z iných zdrojov, boli odhadnuté. Výpočtový model zohľadňuje odpor valenia kolies po vozovke, odpor vzduchu a odpor zo stúpania. Tvary momentových kriviek vonkajšej otáčkovej charakteristiky (VOCH) dosiahnutých variabilným časovaním rozvodu motora (obrázok 7) boli zvolené ako extrémne prípady, aby boli vo výsledkoch dobre viditeľné rozdiely medzi jednotlivými prípadmi.

Prípady 1,3MPI zodpovedá reálnej nameranej vonkajšej otáčkovej charakteristike motora. Krivka $VTnMax$ platí pre prípad motora naladeného na maximálne otáčky.



Obr. 7. Momentové krivky vonkajšej otáčkovej charakteristiky motora pre simuláciu

Fig. 7. Considered torque curves of outer engine speed characteristic for simulation

3. Simulation of start up of the vehicle with a combustion engine

In this part we examine the influence of a torque curve shape in the speed engine characteristic on some vehicle properties during its start up. This shape change was achieved by an application of the valve gear with variable timing in the vehicle. The evaluation (of dynamic characteristics) is usually expressed in characteristics of the vehicle start up. The mentioned parameters consequently closely relate to economy and pollution of the environment due to operation of the vehicle. The unsteady operational mode of the engine during the vehicle start up is not defined only by increase in its speed and loading. From the point of view of the pollution of the environment caused by exhaust emissions are highly important time intervals between the gear ratio changes. One criterion for the evaluation can be time needed for achieving the given speed of vehicle or time needed for covering the necessary distance.

Problem defining

The engine operation optimization in a wide range of rotational speed interval may be realized by application of the valve gear with a variable timing, for instance hydraulically controlled valve gear VARROZ - KKVMZ. This valve gear allows a direct affecting of the torque curve shape in the engine speed characteristic. A change of the torque curve shape as well as a change of absolute values of the achieved torque has influence on the vehicle driving properties.

The present expansion of transportation induces, mostly in large towns, some problems resulting from inability to cope with situations on crowded roads and crossroads. There are more requirements put on a modern vehicle, namely to achieve high accelerations during start-ups at crossroads and, last but not least, during overtaking which is closely related with safety of passengers.

One objective is to evaluate - on the basis of a numeric simulation - influence of the torque curve shape change (achieved by means of variable timing of the valve gear) on some chosen parameters during the vehicle start-up.

The standard input parameters are similar to those of the Škoda Felicia 1.3MPI vehicle. The parameters needed for the calculation but either not provided by the manufacturer or otherwise unfeasible, were estimated. The computational model considers

resistance of the wheel rolling on the roadway, air drag and elevation resistance. Shapes of the speed characteristic curves (VOCH) achieved by the valve gear variable timing (Fig. 7) were chosen as extreme cases so that the distinctions among individual cases would be clearly seen.

The case of the engine 1.3MPI corresponds to a real measured engine speed characteristic. The curve $VTnMax$ holds for a case when the engine is tuned on the

Krivka $VTnMin$ zodpovedá motoru s časovaním rozvodu naladeným na otáčky minimálne. Krivka označená $VTmax$ odhadovo zodpovedá ideálnemu stavu, dosiahnutému aplikovaním variabilného časovania pre uvažovaný motor 1.3MPI. Tento ideálny stav môže dosiahnuť regulovaný systém rozvodu s variabilným časovaním, ovládaný počítačom. Parametre riadenia rozvodu určuje počítač priebežne podľa aktuálneho stavu motora (otáčky, záťaž, teploty...), napríklad pri nízkych otáčkach zabezpečí parametre zodpovedajúce krivke $VTnMin$ a pri vysokých otáčkach zabezpečí nastavenie prislúchajúcej krivke $VTnMax$.

Výpočtový model vozidla so spaľovacím motorom

Model rozjazdu vozidla je do istej miery zjednodušený. Pri definovaní valivého odporu je zanedbaná vztlaková sila vznikajúca v dôsledku prúdenia vzduchu okolo vozidla. Tiež je zanedbané, že vektor výslednice sily odporu vzduchu nepôsobí presne vo výške ťažiska vozidla, čo môže v skutočnosti spôsobiť moment spôsobujúci zmeny v hodnotách prítláčnych síl jednotlivých kolies.

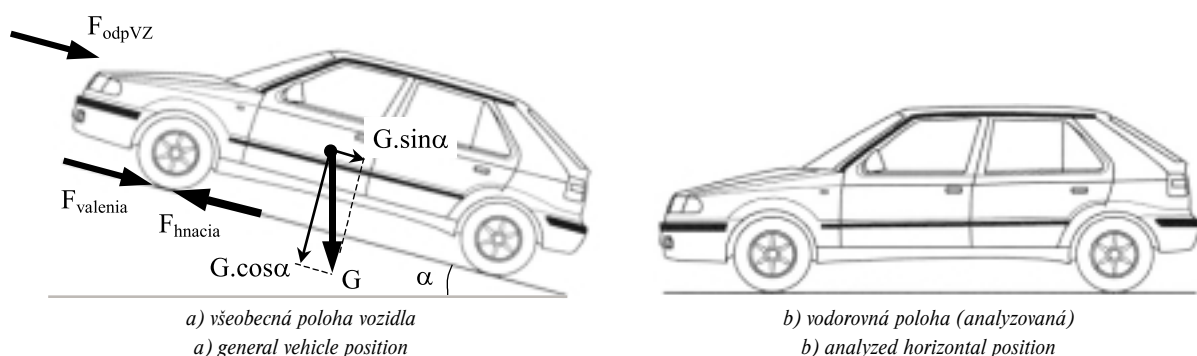
Špeciálne je namodelovaná činnosť spojky pri štarte vozidla. Vo výpočte sa uvažuje, že vodič pri rozbehu udržiava plynový pedál v polohe maximálneho stlačenia (t. j. motor pracuje v režime na vonkajšej charakteristike) a spojku ovláda tak, že udržiava motor na konštantných otáčkach 3500 min^{-1} až do okamihu úplného spojenia kľukového hriadeľa s hriadeľom prevodovky. Stratový výkon premieňaný na teplo, vznikajúci v spojke v dôsledku rozdielnych uhlových rýchlostí kľukového hriadeľa a vstupného hriadeľa prevodovky (prešmykovanie) postupne klesá a nulovú hodnotu nadobúda v okamihu spojenia spojky, ktoré nastane, keď vozidlo dosiahne rýchlosť zodpovedajúcu uvažovaným otáčkam motora 3500 min^{-1} .

maximal rotational speed. The curve $VTnMin$ holds for an engine which is tuned on the minimal rotational speed. The curve $VTmax$ responds to an absolutely ideal case achieved by the valve gear variable timing for the considered combustion engine 1.3MPI. This ideal state may be achieved, for instance, by the variable timing system with a computer regulation. The computer determines parameters of regulation on the basis of a real engine state (rotational speed, load, temperatures...), for instance, in the area of low RPM the computer provides parameters responding to the curve $VTnMin$ and, on the other hand, in the area of high RPM it provides parameters responding to the curve $VTnMax$. The result is the curve $VTmax$.

The computational model of a vehicle with combustion engine

The model of a vehicle start up is to a certain extent simplified. On defining the roll resistance the uplift force resulting from air streaming along the vehicle is neglected. Another neglected thing is that the vector of the resultant force of air drag is not acting in the gravity center height, which may, in fact, induce a moment causing changes in values of compressive forces of individual wheels.

The function of the clutch during the vehicle start up is specially modeled. In the computation the driver is considered to maintain the accelerator pedal in the maximal position, (i.e. the engine works on the outer speed characteristics) and to control the clutch so that the engine has a constant rotational speed of 3500 min^{-1} until the clutch joins the crankshaft with the gearbox shaft. Power losses in the clutch (due to different angle speeds of the crankshaft and input gearbox shaft) are transformed into heat and gradually decrease. They achieve the zero value at the moment when the clutch joins, which is when the vehicle achieves the velocity corresponding to the engine speed of 3500 min^{-1} .



Obr. 8. Výpočtové polohy vozidla
Fig. 8. The vehicle positions for calculation

Základné vstupné parametre a niektoré definičné vzťahy:

Celková hmotnosť vozidla $m_{AUTA} = 1065 \text{ kg}$, prevodové pomery $i_{stály} = 3,833333333$, $i_1 = 3,461538462$; $i_2 = 1,956521739$; $i_3 = 1,310344828$; $i_4 = 0,975$; $i_5 = 0,755555556$; polomer kola $0,262 \text{ m}$ (vzdialenosť osi od vozovky); čas na preradenie prevodového stupňa $T_{radenia} = 0,4 \text{ s}$; mechanická účinnosť prenosu výkonu z motora na kolesá $\eta_{mp} = 0,93$; merná hmotnosť vzduchu $\rho_{vz} =$

The basic input parameters and some definition formulas:

The total vehicle mass $m_{AUTA} = 1065 \text{ kg}$, gear ratios $i_{stály} = 3,833333333$, $i_1 = 3,461538462$; $i_2 = 1,956521739$; $i_3 = 1,310344828$; $i_4 = 0,975$; $i_5 = 0,755555556$; wheel radius $0,262 \text{ m}$ (distance of center from the roadway); time of gear ratio shift $T_{radenia} = 0,4 \text{ s}$; mechanical efficiency of mechanism from engine to wheels $\eta_{mp} = 0,93$; specific air mass $\rho_{vz} = 1,16 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,

= 1,16 kg.m⁻³; súčiniteľ odporu vzduchu $c_x = 0,35$; čelná plocha vozidla 1,94 m²; súčiniteľ valivého odporu pri malej rýchlosti $f_{val0} = 0,01$; začiatkové otáčky motora $n_{Mstart} = 3500 \text{ min}^{-1}$; otáčky motora po spojení spojky $n_{min} = 3500 \text{ min}^{-1}$, otáčky motora pri preradení na vyšší stupeň $n_{Mprerad} = 5500 \text{ min}^{-1}$.

Hodnota rýchlosti vozidla pri spojení spojky počas rozjazdu:

$$v_{min} = r_{kolesa} \cdot 2\pi \cdot \frac{n_{min}}{i_{staly} \cdot i_1}$$

Súčiniteľ valivého odporu závislý od rýchlosti:

$$f_{val} = f_{val0}(1 + 4 \cdot 10^{-5} \cdot v^2), \text{ kde } v \text{ je rýchlosť vozidla v km.h}^{-1}.$$

Sila odporu valenia

$$F_{odpVAL} = f_{val} m_{auto} g$$

Sila odporu vzduchu

$$F_{odpVZ} = c_x S_c \cdot \frac{1}{2} \rho_{vz} v_{auto}^2$$

Sila odporu zo stúpania

$$F_{stúpania} = m_{auta} \cdot g \cdot \sin(\alpha)$$

Výsledná odporová sila

$$F_{odporová} = F_{odpVAL} + F_{odpVZ} + F_{stúpania}$$

Moment na kolesách

$$M_{kolesá} = M_{motora} \cdot i_{celkový} \cdot \eta_{mp}$$

Hnacia sila

$$F_{hnacia} = \frac{M_{kolesa}}{r_{kolesa}}$$

Redukovaná hmotnosť rotujúcich hmôt

$$m_{ROTréd} = \frac{i_{kol} I_{1kol} + i_R^2 I_{prev} + i_{celkový}^2 I_{KH}}{r_k^2}$$

kde i_{kol} - počet kolies vozidla,
 I_{1kol} - moment zotrvačnosti jedného kolesa,
 i_R - prevodový pomer rozvodovky,
 I_{prev} - moment zotrvačnosti výstupného hriadeľa prevodovky,
 $i_{celkový}$ - celkový prevodový pomer mechanizmu od motora až po kolesá,
 I_{KH} - moment zotrvačnosti kľukového hriadeľa motora, vrátane zotrvačníka.

Pohybová rovnica vozidla:

$$(m_{AUTA} + M_{ROTréd}) \cdot \frac{d^2x(t)}{dt^2} = F_{hnacia}(t) - F_{odporová}(t).$$

air drag coefficient $c_x = 0.35$; vehicle frontal area 1.94 m²; small velocity resistance of roll $f_{val0} = 0.01$; initial engine speed $n_{Mstart} = 3500 \text{ min}^{-1}$; engine speed at clutch join $n_{min} = 3500 \text{ min}^{-1}$, gear shift change rotational speed $n_{Mprerad} = 5500 \text{ min}^{-1}$.

The vehicle velocity value for the clutch join moment (during the vehicle start up):

$$v_{min} = r_{kolesa} \cdot 2\pi \cdot \frac{n_{min}}{i_{staly} \cdot i_1}$$

The roll resistance coefficient dependent on velocity:

$$f_{val} = f_{val0}(1 + 4 \cdot 10^{-5} \cdot v^2), \text{ where } v \text{ is velocity of the vehicle in km.h}^{-1}.$$

The roll resistance force

$$F_{odpVAL} = f_{val} m_{auto} g$$

Air drag force

$$F_{odpVZ} = c_x S_c \cdot \frac{1}{2} \rho_{vz} v_{auto}^2$$

Elevation resistance

$$F_{stúpania} = m_{auta} \cdot g \cdot \sin(\alpha)$$

Resultant resistance force

$$F_{odporová} = F_{odpVAL} + F_{odpVZ} + F_{stúpania}$$

Torque on the wheels

$$M_{kolesá} = M_{motora} \cdot i_{celkový} \cdot \eta_{mp}$$

Motive force

$$F_{hnacia} = \frac{M_{kolesa}}{r_{kolesa}}$$

Reduced rotation masses

$$m_{ROTréd} = \frac{i_{kol} I_{1kol} + i_R^2 I_{prev} + i_{celkový}^2 I_{KH}}{r_k^2}$$

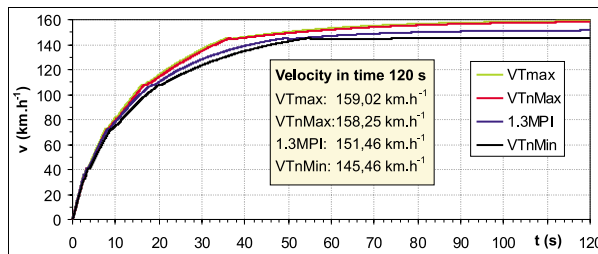
where i_{kol} - number of wheels,
 I_{1kol} - one wheel moment of inertia,
 i_R - permanent gear ratio,
 I_{prev} - moment of inertia of output gearbox shaft,
 $i_{celkový}$ - resultant gear ratio,
 I_{KH} - the crankshaft moment of inertia, including fly-wheel.

Equation of the vehicle motion:

$$(m_{AUTA} + M_{ROTréd}) \cdot \frac{d^2x(t)}{dt^2} = F_{hnacia}(t) - F_{odporová}(t)$$

Výsledky simulácie a príslušné analýzy

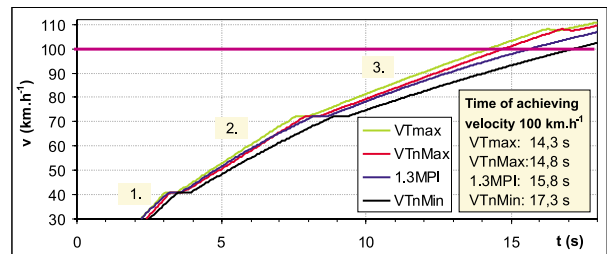
Výsledky sú počítané pre všetky štyri uvažované prípady tvaru momentovej krivky vonkajšej otáčkovej charakteristiky motora (obrázok 7), danej parametrami časovania rozvodu. Na obrázku 9 sú znázornené priebehy rýchlosti vozidla do času 120 s po štarte. Približne po 90 s nastáva vo všetkých prípadoch ustálovanie rýchlosti a v čase 120 s už takmer nadobúda ustálenú hodnotu. Z priebehov vidno nezanedbateľný vplyv časovania na veľkosť maximálnej dosiahnuteľnej rýchlosti vozidla. Do ustálenia maximálnej rýchlosti prejde vozidlo viac ako 4 km. Zmenu rýchlosti z 0 na 100 km.h^{-1} (obrázok 10) dosiahne vozidlo podľa výpočtu najskôr v prípade VT_{max} za čas 14,3 s, najneskôr v prípade VT_{nMin} za čas 17,3 s.



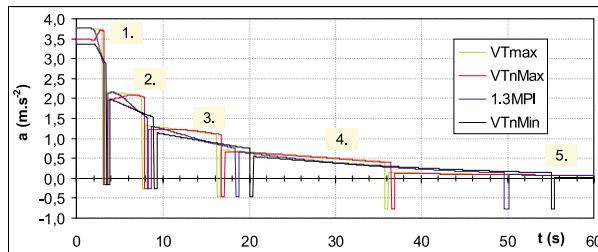
Obr. 9. Priebehy rýchlosti vozidla až po dosiahnutie ustálenej hodnoty
Fig. 9. Velocity behaviors until the conditioned state

Simulation results and appropriate analyses

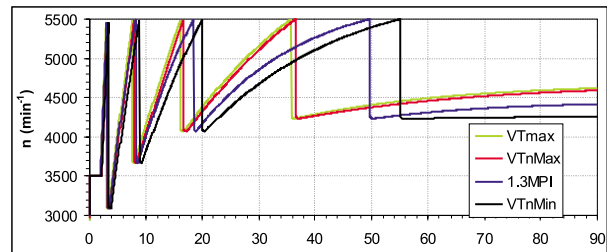
The results are calculated for all four considered shapes of the outer speed characteristics torque curve (Fig. 7), given by parameters of variable timing. In Fig. 9 there are velocity behaviors covering time interval of 120 s after the vehicle start. Approximately after 90 s in all cases there is velocity conditioning and within 120 s the velocity values are nearly conditioned. Variable timing has an obvious influence on the maximal achieved velocity value of the vehicle. The vehicle covers more than 4 km until it achieves the maximum velocity. A change of velocity from 0 to 100 km.h^{-1} (Fig. 10) is achieved – according to the calculations – in the case of VT_{max} in the quickest time interval of 14.3 s and in the case of VT_{nMin} in the longest time interval of 17.3 s.



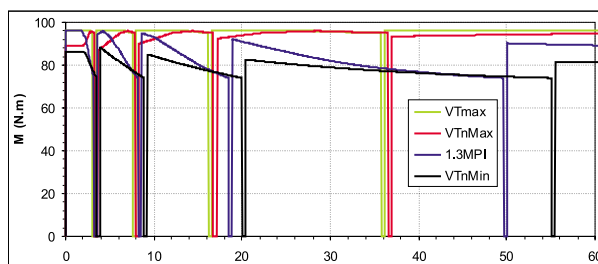
Obr. 10. Detail z oblasti dosiahnutia 100 km.h^{-1} pri rôznych časovaniach rozvodu
Fig. 10. Detail from the zone of achieving 100 km.h^{-1} for various valve gear timing



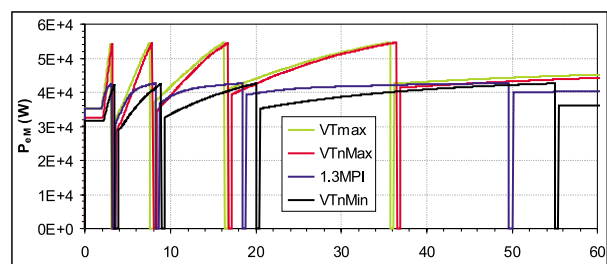
Obr. 11. Priebehy zrýchlenia vozidla pri rôznych časovaniach rozvodu
Fig. 11. Acceleration behaviors for various valve gear timing



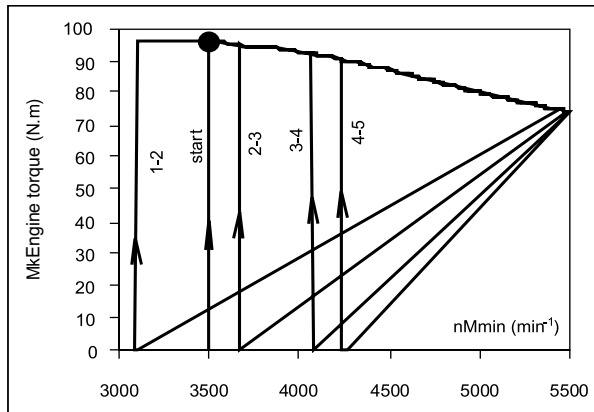
Obr. 12. Časový priebeh otáčok motora pri rôznych časovaniach rozvodu
Fig. 12. Engine rotational speed time behaviors for various valve gear timing



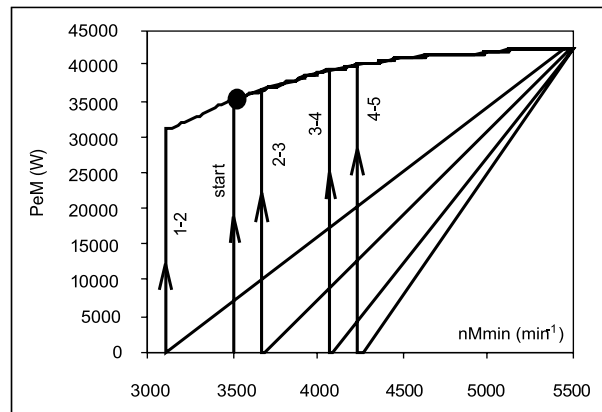
Obr. 13. Časový priebeh krútiaceho momentu motora pri rôznych časovaniach rozvodu
Fig. 13. Torque of engine time behavior for various valve gear timing



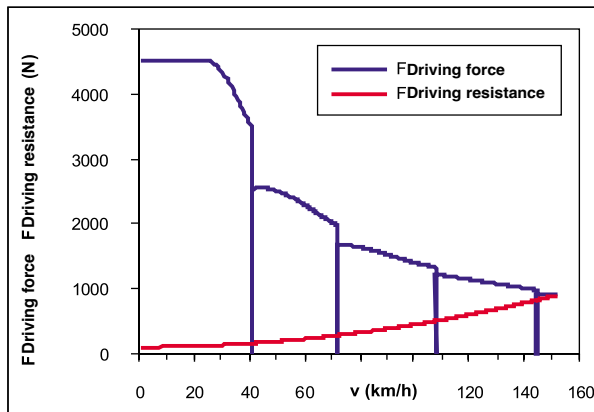
Obr. 14. Časový priebeh efektívneho výkonu motora pri rôznych časovaniach rozvodu
Fig. 14. Engine power time behavior for various valve gear timing



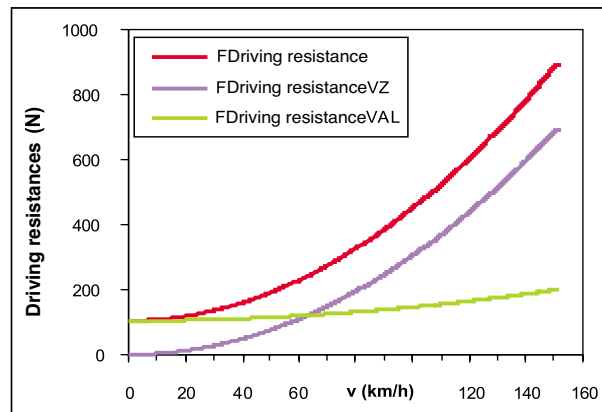
Obr. 15. Radenie prevodov (1.3MPI)
Fig. 15. Gear ratio changes (1.3MPI)



Obr. 16. Radenie prevodov (1.3MPI)
Fig. 16. Gear ratio changes (1.3MPI)



Obr. 17. Hnacia a odporová sila
Fig. 17. Motive and resistant force



Obr. 18. Priebeh odporových síl od rýchlosti
Fig. 18. Resistance forces behavior

Zrýchlenie vozidla (obrázok 11) sa postupne znižuje až na nulovú hodnotu pri dosiahnutí maximálnej rýchlosti. Počas predačovania rýchlostných stupňov je zrýchlenie záporné z dôvodu spomaľovania, spôsobeného odporom pôsobiacimi proti pohybu vozidla. Spomaľovanie pri preradení má tým väčšiu absolútnu hodnotu, čím je vyššia rýchlosť. Toto je dané rastúcou závislosťou odporových síl od rýchlosti, znázornenou na obrázku 12.

Priebeh parametrov motora ako sú otáčky, krútiaci moment a výkon sú na obrázkoch 12 až 16. Preradenie rýchlostných stupňov v prípade 1.3MPI je na obrázkoch 15 a 16. Priebeh hnacej sily pre prípad 1.3MPI je uvedený na obrázku 17. Hodnota hnacej sily je pri maximálnej ustálenej rýchlosti rovná hodnote sily odporovej. Celková odporová sila je riešenom prípade daná súčtom sily odporu vzduchu a sily odporu valenia (obrázok 18).

Výhodnotenie simulácie

Použitý model umožňuje analyzovať vplyvy variabilného časovania rozvodu motora (napr. VARROZ KKVMZ) a iných zaujímavých parametrov. Z numerickej simulácie vyplýva očakávaný výsledok, ktorým je dosiahnutie najpriaznivejších parametrov pre prípad roz-

The vehicle acceleration (Fig. 11) gradually decreases until it reaches the zero value at achieving the maximum velocity. The acceleration is negative during gear ratio changes as a result of deceleration, which is caused by resistance forces acting against the vehicle motion. The higher is the velocity the higher is the value of deceleration during gear ratio changes. This is given by the increasing dependence of resistance forces on the vehicle velocity, which is illustrated in Fig. 12.

The engine parameter time dependencies, as rotational speed, torque and power, are shown in Figs. 12–16. The gear ratio changing in the case of the 1.3MPI engine is in Figs. 15–16. The moving force behavior for the 1.3MPI engine is in Fig. 17. The value of the moving force at the maximum vehicle speed is equal to the value of resistance force. The total resistance force is, in this solved case, given by a sum of air drag force and roll resistance force (Fig. 18).

Assessment of simulation

The used model enables to analyze influences of the engine valve gear variable timing (for instance VARROZ KKVMZ) and other interesting parameters. The numeric simulation has provided the expected result, which is the achievement of optimal parame-

vodu s variabilným časovaním, vo výpočtoch označený ako prípad VT_{max} . Čas na dosiahnutie rýchlosti 100 km.h^{-1} sa v prípade variabilného časovania rozvodu VT_{max} skrátil oproti štandardnému nastaveniu časovania motora 1.3MPI o rovných 1,5 s, čo čini v percentuálnom vyjadrení skrátenie času až o 9,49 %.

Tento výsledok je veľmi významný, ak si uvedomíme, že je dosiahnutý iba lepšou reguláciou výmeny náplne motora prostredníctvom variabilne časovaného rozvodu, bez zmeny hlavných rozmerov motora, bez zmeny kompresného pomeru a bez zvýšenia otáčok.

4. Záver

Starostlivosť o životné prostredie prostredníctvom legislatívnych krokov núti výrobcov dopravných prostriedkov znižovať hladinu plynných i hlukových emisií. K ich znižovaniu možno v podstate pristupovať dvoma spôsobmi, a to:

- aktívne - znižovanie a odstraňovanie emisií priamo v zdroji,
- pasívne - dodatočné znižovanie a odstraňovanie.

V príspevku je analyzovaná jedna možná cesta (použitie variabilného časovania rozvodu) aktívneho spôsobu znižovania zafarbenia životného prostredia plynnými emisiami.

Centrálным problémom nie je len obava z vyčerpatelnosti energetických zdrojov, ale veľmi aktuálna i naliehavá je otázka zafarbenia životného prostredia. Tento fakt je spôsobený tým, že emisie produkované dopravnými prostriedkami ovplyvňujú život na zemi nielen priamo, ale aj nepriamo. Je dokázané, že pre ľudí neškodné plyny ako oxid uhličitý CO_2 , metán CH_4 , oxid dusíka N_2O ako aj halogénové uhľovodíky ovplyvňujú zemskú atmosféru. Riešenie konkrétnych úloh sa potom dotýka nielen výrobcov dopravných prostriedkov, výstavby dopravných ciest, ale aj dopravnej prevádzky. Na dopravných cestách sa pohybuje veľké množstvo dopravných prostriedkov. Ich zdrojom energie je v prevažnej väčšine spaľovací motor. Tieto dopravné prostriedky nielenže znečisťujú ovzdušie, pôdu a vody, spôsobujú hluk a otrasy, zaberajú pôdu, produkujú ďalšie odpady z dopravnej prevádzky i pri ich výrobe, ale aj spotrebúvajú neobnoviteľné zdroje energie a niekedy majú rušivé estetické a psychologické účinky. Na druhej strane treba poukázať aj na pozitívne pôsobenie dopravy. Tieto skutočnosti vyžadujú venovať sa so všetkou vážnosťou a zodpovednosťou problematike dopravných prostriedkov v súvislosti so životným prostredím.

Literatúra – References

- [1] ANONYM: prospekty, katalógy a webové stránky firiem automobilového priemyslu
- [2] ČÁP J., FREIBAUER L., HLAVŇA V.: *Teorie vozidel*, Alfa, Bratislava, 1985.
- [3] HLAVŇA, V. a kol.: *Dopravný prostriedok a životné prostredie*, ES VŠDS Žilina 1996, ISBN 80-7100-306-9
- [4] ISTENÍK, R.: *Simulácia mechanických a termomechanických procesov v spaľovacích motoroch a vozidlách*, SjF ŽU Žilina, habilitačná práca 2002
- [5] ISTENÍK R., FITZ P.: *Programový systém DYNAST - riešené príklady z dopravnej a manipulačnej techniky*, vysokoškolská učebnica, EDIS, Žilinská univerzita, ISBN 80-7100-829-X, Žilina, 2001

ters for valve gear variable timing for calculations related to VT_{max} . Time needed for achieving 100 km.h^{-1} has been reduced by 1.5 s in the case of VT_{max} when compared with the standard timing of the 1.3MPI engine, which amounts to 9.49 per cent.

This result is very significant when we take into consideration that it has been achieved only due to a better regulation of the engine cylinders filling by means of a variable timed valve gear, without any change of the engine dimensions, compression ratio or maximum value of rotational speed.

4. Conclusions

Attention paid to the environment through legislative measures forces manufacturers of means of transport to reduce levels of gaseous and noise emissions. The reduction can be, in fact, approached in two ways:

- Actively – reduction and elimination of emissions directly in the source,
- Passively – additional reduction and elimination.

In the article one possible active way (use of variable timed valve gear) of reducing negative impact on gaseous emissions on the environment is analyzed.

The core issue is not only fear that sources of energy can be exhausted but really topical and urgent is the question of environmental pollution. This has been caused by the fact that emissions produced by means of transport influence life on the Earth not only directly but also indirectly. It is proved that gases being harmless to people as carbon dioxide CO_2 , methane CH_4 , nitrogen oxide N_2O as well as halogen hydrocarbons influence the atmosphere. The solution of particular tasks thus concerns not only manufacturers of means of transport, constructions of transport routes but also operation. There are many means of transport on roads and highways. The source of energy, for most of them, is a combustion engine. The means of transport not only pollute the air, land and water, cause noise and vibrations and occupy land, produce other waste from their operation and also in their production but they also consume energies that cannot be recycled and sometimes produce harmful esthetic and psychological effects. On the other hand, it is necessary to underline the positive role of transport too. All the above facts emphasize the need to solve the issues of means of transport and the environmental protection with utmost seriousness and responsibility.