

5

Daniela Ďurčanská – Milan Moravčík
**POSUDZOVANIE VPLYVU AUTOMOBILOVEJ
DOPRAVY NA ZNEČISTENIE OVZDUŠIA
ASSESSMENT OF THE IMPACT OF ROAD
TRAFFIC ON AIR POLLUTION**

16

Vladimír Hlavňa – Rastislav Isteník
**NIEKTORÉ PROBLÉMY KONŠTRUKCIE
A PREVÁDZKY AUTOMOBILU VO VZŤAHU
K ŽIVOTNÉMU PROSTREDIU
POSSIBILITIES OF SOLUTION OF AN
AUTOMOBILE DESIGNING AND OPERATION
IN RELATION TO THE ENVIRONMENT**

26

Zygmunt Szlachta – Jerzy Cisek
**DODATOČNÉ VSTREKOVANIE PALIVA
DO VALCA VZNETOVÉHO MOTORA AKO
METÓDA ZNIŽOVANIA NO_x
THE DIESEL FUEL POST-INJECTION INTO
ENGINE CYLINDER AS METHOD OF NO_x
REDUCTION**

36

Oldřich Polách
**O KONŠTRUKCII POJAZDOV S RADIÁLNE
NATÁČANÝMI DVOJKOLESIAMI
ON THE DESIGN OF RUNNING GEARS WITH
RADIAL STEERING WHEEL SETS**

43

Juraj Gerlici – Tomáš Lack
**ANALÝZA GEOMETRIE ŽELEZNIČNEJ
KOLAJE (Z POHLADU JEJ OPOTREBENIA
V PREVÁDZKE)
RAIL GEOMETRY ANALYSIS (FROM THE
POINT OF VIEW OF WEARING IN THE
OPERATION)**

52

Jozef Gnap – Vladimír Konečný
**DOPRAVNÁ POLITIKA VO VZŤAHU
K CESTNEJ DOPRAVE A TRVALO
UDRŽATEĽNÝ ROZVOJ
TRANSPORT POLICY RELATED TO ROAD
TRANSPORT AND SUSTAINABLE
DEVELOPMENT**

62

Peter Patek – Jaroslav Borský – Ivan Kotvan
**PLAVIDLO PRE KOMPLEXNÉ ZÁSOBOVANIE
A ZBER ODPADOV LODÍ NA DUNAJI
A VESSEL FOR THE COMPLEX SUPPLYING
AND WASTES COLLECTION OF INLAND
SHIPS ON THE DANUBE**

70

Blahoslav Harman – Viktor Ferencey
**VYUŽITIE PSEUDO-STOCHASTICKÉHO
MODELU TERÉNU PRE SIMULÁCIU VIBRÁCIÍ
A OTRASOV CESTNÝCH DOPRAVNÝCH
PROSTRIEDKOV
UTILIZATION OF A PSEUDO-STOCHASTIC
MODEL OF TERRAIN IN SIMULATION
OF VIBRATIONS AND SNUBBING IN ROAD
MEANS OF TRANSPORT**

76

Roman Marcinkowski
**POSUDZOVANIE KVALITY ČASOVÝCH
PLÁNOV STAVIEB
QUALITY ASSESSMENT OF CONSTRUCTION
SCHEDULES**



Vážení čitatelia,

stalo sa už dobrým zvykom, že s určitou periodicitou sa jedno číslo *Komunikácií* venuje doprave a dopravným prostriedkom vo vzťahu k životnému prostrediu. Tento fenomén je v centre pozornosti záujmov Žilinskej univerzity, ktorá to dáva najavo aj tým, že prvé číslo *Komunikácií* v jubilejnom roku svojej päťdesiatročnej histórie venuje práve tejto téme.

Skupina Európskeho spoločenstva „Doprava 2000 plus“ konštatovala v správe „Doprava v rýchle sa meniacej Európe“, že sektor dopravy je jeden z hlavných činiteľov problémov energetických a problémov životného prostredia, pretože patrí k najväčším spotrebiteľom fosilných energetických zdrojov a je zodpovedný za podstatné ovplyvňovanie a zaťažovanie životného prostredia.

Otázky hodnôt životného štýlu, spôsobu života a hospodárenia určujú ďalší vývoj dopravy. Dopravná politika musí preto zohľadňovať globálne a regionálne podmienky. Perspektívu majú tie stratégie, ktoré uvažujú so zmenou dopravných systémov a s obmedzením neefektívnej dopravy. Škodlivé účinky dopravy na životné prostredie musia byť obmedzované presadzovaním rýchlejších, bezpečnejších a pohodlnejších dopravných prostriedkov verejnej dopravy, ako aj obmedzovaním individuálnej dopravy hlavne vo veľkých mestách.

Prudký vývoj takmer všetkých hospodárskych odvetví okamžite ovplyvňuje oblasť dopravy. Automobilový priemysel produkuje vozidlá vybavené novými technológiami a prevádzkovatelia dopravy túto oblasť financujú prostredníctvom nákupu nových dopravných prostriedkov. V súčasnej „modernej priemyselnej spoločnosti“ sa cití podstatná časť obyvateľstva obťažovaná najmä emisiou hluku a výfukových plynov. Aj preto si riešenie problému rastúcej hustoty dopravy vyžaduje výstavbu nových rýchlostných ciest a obchvatov miest. Ak produkcia emisií v ustálených stavoch prevádzky vozidla je viac-menej úspešne riešená, tak neustálené režimy prevádzky spôsobujú podstatne väčšie zaťaženie životného prostredia. O simulácii neustálených režimov prevádzky vozidiel sa možno dozvedieť z príspevku pracovníkov SJF Žilinskej univerzity. Dodatočné vstrekovanie paliva do valca vznetrového motora je jednou z metód znižovania produkcie NO_x . O výsledkoch použitia tejto metódy sa píše v príspevku prof. Szlachta.

Zníženie hlučnosti kolajových vozidiel môže byť dosiahnuté vhodnou konštrukciou ich podvozkov a pojazdov. Dvojkoľesia natáčané do radiálnej polohy zamedzujú pískanie v oblúkoch kolaje. Analýza geometrie železničnej kolaje z pohľadu jej opotrebenia v prevádzke je otázkou súčasnej prevádzky kolajových vozidiel. Dôsledky negatívneho pôsobenia sa odrážajú aj na stave životného prostredia.

Ďalším neprijemným fenoménom prevádzky dopravných prostriedkov sú vibrácie a otrasy. Na riešenie tohto problému je možné využiť aj pseudostochastický model terénu, o ktorom sa píše v príspevku pánov Harmana a Ferenceya.

Bezpečné a spoľahlivé zásobovanie palivami a zber odpadov je dôležité pre nepretržitú plavbu a ochranu životného prostredia. Na tieto účely bolo navrhnuté a postavené zásobovacie plavidlo. Projekt bol vyhotovený na Katedre automobilov, lodí a motorov Slovenskej technickej univerzity v Bratislave.

Dear Reader

It has become good practice that one volume of the university scientific letters is periodically devoted to transport and means of transport and their relation to the environment. This fact clearly shows that the topic is not on the periphery of the university interests. On the contrary, the fact that the very first volume published in the year when the university celebrates 50 years of its existence focuses on the above mentioned issues clearly shows that they are given appropriate attention.

The EU Group "Transport 2000 plus" in its report "Transport in the rapidly changing Europe" mentions that the branch of transport is one of the main domains responsible for problems with energetic sources and impacts on the environment as it ranks among the greatest consumers of fossil sources of energy and those that substantially negatively influence the environment.

Prevailing values of lifestyles and economy are decisive for further development of transport. Transport policy has, therefore, to take into account global and regional conditions. Those strategies which will implement changes in transportation systems and reduce ineffective traffic will have a good chance of success in the future. Negative impacts of transport on the environment will have to be reduced by introducing faster, safer and more comfortable means of public transport and by reducing individual transport mostly in large towns.

Huge development of almost all industrial branches immediately affects transport. Automobile industry produces vehicles equipped with new technologies and transport operators finance the sector by purchasing new vehicles. In the present "modern industrial society" a considerable part of population complains mostly of noise and emissions. This may be one reason why to solve the issue of ever-growing transport by building new fast highways avoiding centers of towns. While the production of emissions in steady-state operations has been more or less successfully solved, unsteady regimes of operations are to be solved as they result in a considerably significant impact on the environment. The topic of simulation of unsteady regimes of vehicle operation is approached in the paper of colleagues from the Faculty of Mechanical Engineering of the University of Žilina. Additional injection of fuel into the diesel engine cylinder is one of the methods leading to reduction of NO_x production. Professor Szlachta writes about some results from the implementation of this method in his article.

Reduction of noise from operation of railway vehicles can be achieved by a suitable design of their bogies and running gears. Radial steering wheel sets avoid curve squeal. Geometry analysis of rails from the point of view of their wear in operation is another topical issue of railway vehicle operation. The results of negative impacts can again be noticed on the environment.

Another unpleasant phenomenon connected with the operation of means of transport are vibrations. A pseudo-stochastic model of terrain described by Mr Harman and Mr Ferency offers a solution to the problem.

Safe and reliable supply of fuels and waste collection are vital for continuous navigation and environmental protection. In order to meet this objective a supply vessel was constructed. The design was made in the Department of Cars, Ships and Engines of the Slovak University of Technology in Bratislava.

Vladimír Hlavňa

Daniela Ďurčanská – Milan Moravčík *

POSUDZOVANIE VPLYVU AUTOMOBILOVEJ DOPRAVY NA ZNEČISTENIE OVZDUŠIA

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF ROAD TRAFFIC ON AIR POLLUTION

Negatívny vplyv dopravy na znečistenie ovzdušia je všeobecne známy. Automobilová doprava má veľký podiel na znečisťovaní prízemnej vrstvy atmosféry, v ktorej sa rozvíja život, špeciálne imisii, t. j. koncentrácie emitovaných znečisťujúcich látok. Dôvodom je emisia hlavných znečisťujúcich látok z automobilovej dopravy tesne nad povrchom zeme (CO – oxid uhličitý, NO_x – suma oxidov dusíka a VOC – prchavé organické zlúčeniny).

Príspevok sa zaoberá vplyvmi automobilovej dopravy na znečisťovanie ovzdušia a metodikou na výpočet množstva produkovaných znečisťujúcich látok, ktorá sa pre tento účel používa.

1. Úvod

Problém znečistenia ovzdušia od automobilovej dopravy nie je možné riešiť zvýšením výšky vypúšťania znečisťujúcich látok, ako sa to rieši pri priemyselných zdrojoch, kde sa dosiahnutie prípustných imisných limitov rieši stanovením tzv. minimálnej výšky komína. Znížiť dopad automobilovej dopravy na znečistenie ovzdušia prízemnej vrstvy atmosféry znamená znížiť emisie znečisťujúcich látok automobilov technickým zdokonalením spaľovania, zachytením, popriprade transformáciou znečisťujúcich látok katalyzátormi. Ďalším riešením môže byť odklonenie alebo presmerovanie automobilovej dopravy v oblasti s najviac znečisteným ovzduším.

2. Vplyv dopravy na znečistenie ovzdušia

Zaťaženie životného prostredia ľudskou činnosťou – dopravou – vzniká vnášaním chemických, fyzikálnych a biologických prvkov. Dôležité je neprekročiť mieru únosnosti územia, nepoškodiť ho. Doprava zaťažuje životné prostredie počas výstavby a prevádzky, najviac hlukom a emisiami. V súčasnosti však už existujú také technologické postupy a technické vybavenie cestných komunikácií, ktoré dokážu zabezpečiť neprekročenie predpísaných hygienických limitov.

Doprava a dopravný priemysel v Európe spotrebováva 20 % celkovej energie, z tohto množstva až 83 % spotrebováva cestná

The negative impact of traffic on air pollution is a generally known fact. Automobile traffic has a great share in polluting the ground layer of the atmosphere where life develops and this applies especially to emissions, i. e. concentrations of polluting substances being emitted. This is the result of emissions of the main polluting substances produced by automobile traffic (CO – carbon monoxide, NO_x – sum of nitrogen oxides and VOC – volatile organic compounds) just above the surface of the earth.

The article deals with the influence of automobile traffic on air pollution using the methodology of calculating the volume of generated pollutants applied for this purpose.

1. Introduction

The problem of air pollution caused by traffic cannot be solved by increasing the volumes of air polluting substances release as it is solved in industrial sectors, where permitted emission limits are secured by specifying the minimum chimney height. To reduce the impact of automobile traffic on pollution of the ground layer of the atmosphere, it means to reduce the emissions of pollutants coming from vehicles by means of technical enhancement of the combustion process, by means of interception or transformation of the polluting substances with catalysts. Another solution can be to deflect or redirect traffic from the areas with the most polluted air.

2. Impact of Traffic on Air Pollution

The burden laid on the environment by human activity – by the traffic – is the result of bringing chemical, physical, and biological components into the environment. It is important not to exceed the rate of sustainability of a territory and not damage it. The traffic has had a bad impact on the environment already when new roads are constructed and exploited, mostly due to noise and emissions. Nowadays, technological methods and technical equipment have been developed that can ensure that the specified hygienic limits will not be exceeded.

Traffic and traffic industry in Europe consumes up 20 % of the overall energy, and 83 % out of this amount is consumed by road

* Assoc. Prof., MSc., Daniela Ďurčanská, Ph.D., MSc. prof. Ing. Milan Moravčík, Ph.D.

University of Žilina, Faculty of Civil Engineering, Department of Highway Engineering, Komenského 52, Žilina, E-mail: durcan@fstav.utc.sk

University of Žilina, Faculty of Civil Engineering, Department of Construction Management, Komenského 52, Žilina, E-mail: milanm@fstav.utc.sk

doprava, ktorá však tiež vyprodukuje 81 % oxidu uhľnatého CO a 51 % oxidov dusíka NO_x. Diaľnice dokážu tento priemer znížiť približne o 25 % [1].

Na znečisťovaní ovzdušia na Slovensku sa doprava podieľa asi 23 %, najväčším znečisťovateľom je energetika so svojimi cca 42 %. Podiel mobilných zdrojov na tvorbe základných znečisťujúcich látok v ostatnom období je uvedený v tab. č. 1 [2].

Emisie základných znečisťujúcich látok od mobilných zdrojov za obdobie 1995 – 1999 Tab. 1

Roky	Znečisťujúce látky [tis.t/rok]			
	oxid uhľnatý CO	oxid dusíka NO _x	oxid siričitý SO ₂	tuhé emisie
1995	181,1	52,9	2,4	3,2
1996	154,3	43,4	2,3	2,5
1997	144,2	44,5	2,4	2,7
1998	144,6	46,3	2,7	2,9
1999	132,5	42,9	1,1	2,7

Na znečisťovaní ovzdušia v okolí cestných komunikácií sa podieľajú hlavne škodliviny z výfukových plynov vozidiel a zvýšená prašnosť spôsobená vírením usadených častíc na povrchu vozovky a v jej blízkosti.

3. Možnosti minimalizácie vplyvov automobilovej dopravy na životné prostredie

Ďalší vývoj dopravy je neoddeliteľne spojený s otázkami hodnoty životného štýlu, spôsobu života a hospodárstva. Verejným záujmom určený rámec, v ktorom sa môžu dopravné koncepcie pohybovať, závisí od meniaceho sa postoja spoločnosti k týmto otázkam. Dopravná politika musí preto zohľadňovať globálne aj regionálne podmienky. Perspektívu majú tie stratégie, ktoré uvažujú so zmenou dopravných systémov a s obmedzením neefektívnej dopravy. Škodlivé účinky dopravy na životné prostredie musia byť obmedzované presadzovaním rýchlejších, bezpečnejších a pohodlnejších dopravných prostriedkov verejnej dopravy, ako aj obmedzovaním individuálnej dopravy hlavne vo veľkých mestách.

Vplyv trasovania na rozptyl emisií

Kvalita a čistota ovzdušia sa stali vážnym problémom pri navrhovaní dopravných sietí v mestách i mimo nich, pri organizovaní dopravy a územnom plánovaní. Dopravné kolapsy v mestách znamenajú zvýšenie koncentrácie škodlivín.

Oxidy dusíka patria ku škodlivinám, ktoré pri súčasnom zložení pohonných hmôt predstavujú jednu z najzávažnejších zložiek výfukových plynov, pretože dosahujú pomerne vysoké koncentrácie škodlivých látok produkovaných do ovzdušia, sú dobre zistiteľné monitorovaním a dajú sa určovať výpočtom. Preto sa spravidla používajú ako indikátor znečistenia ovzdušia výfukovými plynmi od dopravy.

traffic, which also produces 81 % of CO and 51 % of NO_x nitrogen oxides. Highways can decrease this amount by about 25 %. [1]

In Slovakia, the share of traffic in air pollution is about 23%, while the main polluter, power engineering has a 42% share in air pollution. The share of mobile sources in production of basic polluting elements in the last years is shown in Table 1 [2].

Emissions of basic polluting substances coming from mobile sources in 1995-1999 Table 1

Year	Polluting substances [1000.t/year]			
	carbon monoxide CO	nitrogen oxides NO _x	sulphur dioxide SO ₂	particles
1995	181.1	52.9	2.4	3.2
1996	154.3	43.4	2.3	2.5
1997	144.2	44.5	2.4	2.7
1998	144.6	46.3	2.7	2.9
1999	132.5	42.9	1.1	2.7

Air pollution in the vicinity of roads is the result of pollutants coming from vehicle exhaust gases and the increased amount of dust caused by whirling of sedimentary particles on the surface of pavements and around the pavements.

3. Possibilities of Minimizing the Impact of Traffic on the Environment

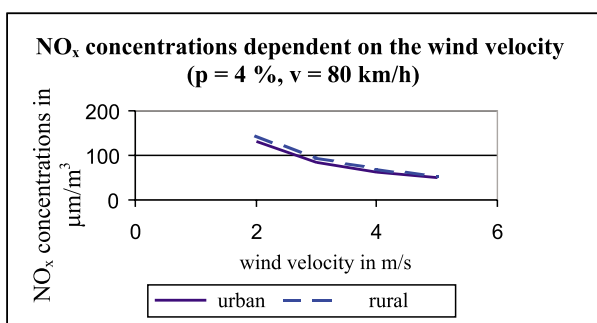
Further traffic development is inseparably connected with the issue of life style values, living conditions and the level of economy. The framework defined by the public interest within which traffic concepts can be developed, depends on changing the attitude of the society towards these issues. A traffic policy must therefore consider global and regional conditions. Such strategies that involve changes in traffic systems and some reduction of ineffective traffic seem to be perspective. Harmful effects of the traffic on the environment must be reduced by implementation of faster, safer and more comfortable public traffic service, as well as by limitation of individual traffic, in large cities in particular.

Influence of Layout on Emissions Dispersion

The quality and cleanness of the atmosphere has become a serious problem in traffic network planning in and outside cities, in traffic organization and regional planning. Traffic collapses in cities lead to higher concentration of pollutants.

Nitrogen oxides belong to such pollutants that represent one of the crucial components of exhaust gases coming from the current fuels, because they reach relatively high concentrations of pollutants produced into the atmosphere. They are also easy to monitor and can be estimated by calculation. Therefore they can be used as an indicator of air pollution caused by emissions coming from the traffic exhaust gases.

Poloha komunikácie je po výstavbe nemenná, preto jej treba venovať pozornosť pri riešení komunikačných systémov sídiel. Podľa [3] bol sledovaný rozptyl škodlivín v závislosti od polohy nivelety komunikácie (v záreze, na teréne, v násype) a výsledky poukazujú na fakt, že táto závislosť sa prejavuje len pri rýchlosti vetra menšej ako 3 m/s, kedy sa zemné teleso v násype javí ako vhodnejšie pre rozptyl emisií. Koncentrácie NO_x namerané pri komunikácii v násype boli 2-krát menšie ako pri komunikácii vedenej v úrovni terénu.



Obr. 1 Vplyv rýchlosti vetra na rozptyl emisií
(p - pozdĺžny sklon nivelety, v - rýchlosť vozidla)

Fig. 1 The influence of the wind velocity on the emission dispersion
(p - longitudinal gradient of the vertical alignment, v - vehicle velocity)

Na obr. 1 a 2 sú uvedené porovnávacie údaje vypočítané pre rovnako smerovo orientovaný úsek komunikácie dlhý jeden km, šírkové usporiadanie MS 21,5 pre mestský režim jazdy vozidiel, čo zodpovedá zbernej komunikácii (MS) a R 22,5 pre mimomestský (plynulý) režim jazdy na rýchlostnej komunikácii (R). Uvažovaný počet osobných vozidiel bol 10 000 / 24 h, nákladných 1000 / 24 h, špičková polhodinová doprava bola uvažovaná hodnotou 5 % z celodennej 24-hodinovej dopravy.

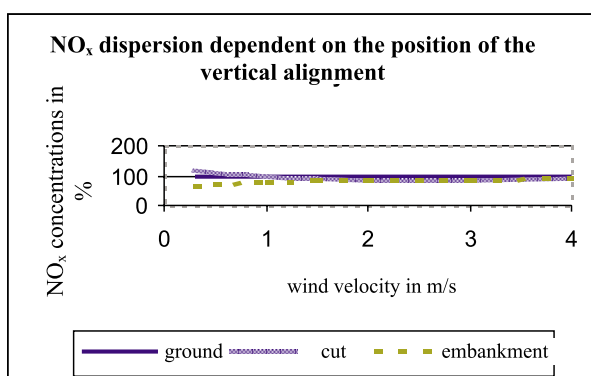
Cestná zeleň

Účelné použitie cestnej zelene môže veľkou mierou zmierniť negatívne vplyvy automobilovej dopravy. V minulosti sa účinok zelene nevyužíval dostatočne. V súčasnosti sa ochrana a tvorba životného prostredia i jeho skvalitňovanie dávajú do súvislosti s problémom rovnováhy medzi civilizačnou a biologickou zložkou človeka. Jedna z mnohých funkcií zelene je aj filtračná a v súvislosti s tým sa uplatňuje výsadba zelene pozdĺž komunikácie

Nie každá forma výsadby vedie k zlepšeniu situácie. Dôležitá je hĺbka výsadby a jej filtračná účinnosť. Výsadba môže zachytávať prašnosť a rovnomerne rozptyľovať plynné emisie.

Regulovanie rýchlosti prúdenia vetra hustou výsadbou vedie k zvýšeniu prašnosti v tesnej blízkosti komunikácie. Lepšie účinky sa dosiahnu výsadbou drevín, cez ktoré vietor prechádza.

The position of the road is permanent after it is constructed, so it is necessary to pay attention to the design of communication systems. According to [3], dispersion of pollutants dependent on the vertical alignment position (in the cut, in the field, on the embankment) was monitored and the results show that this dependence is seen only when the wind velocity is under 3 m/s, and in this case the formation level seems to be more suitable for emission dispersion. NO_x concentrations monitored near a road on the embankment were twice lower than the concentrations near a road located at the ground level.



Obr. 2 Vplyv polohy zemného telesa [3]

Fig. 2 The influence of the construction limits position [3]

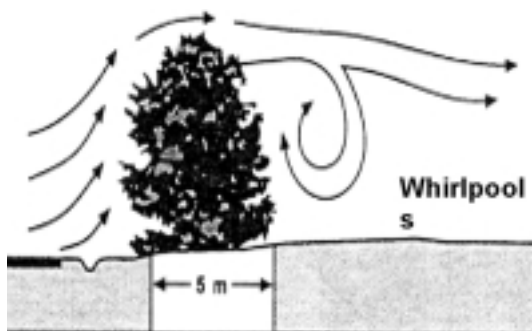
Figures 1 and 2 show comparative data calculated for a 1 km long road section with the same directional orientation with the wideness category of MS 21.5 for urban driving mode, which corresponds to a local distributor road and R22.5 for rural (fluent) driving mode on an expressway (R). The assumed number of passenger cars was 10,000 / 24 hours, trucks 1,000 / 24 hours, the peak traffic in half an hour was assumed to be 5% out of the total all-day long 24 hours traffic.

Road Greenery

Effective usage of the road greenery can considerably reduce the negative impact of automobile traffic. In the past, the effect of greenery was not utilized sufficiently. Nowadays, the protection and creation of the environment and its enhancement is associated with the problem of balance between the civilization and biological aspects of a man. One of the various functions of the greenery is filtration, so greenery is planted along roads.

However, not every form of planting results in improved situation. Depth of the planting and its filtering efficiency are very important. The greenery can capture dust and equally disperse gaseous emissions.

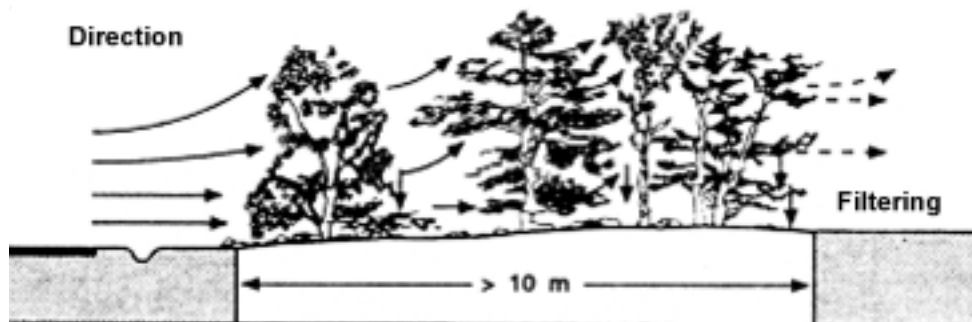
Regulation of wind velocity by dense planting increases the volume of dust in the vicinity of the road. The species that allow the wind to blow through are more effective.



Obr. 3 Hustý porast
Fig. 3 Dense greenery



Obr. 4 Listnatý porast
Fig. 4 Deciduous greenery



Obr. 5 Zmiešaný porast
Fig. 5 Mixed greenery

Krovitý listnatý hustý porast šírky 5 m (obr. 3) spôsobuje redukciu rozptylu škodlivín do okolia asi 20 %. Porast šírky 10 m (obr. 4) spôsobuje v lete redukciu rozptylu škodlivín až 60 %. Najvhodnejšia je kombinácia listnatých a ihličnatých stromov. Nie sú výkyvy v účinnosti výsadby v lete a v zime (obr. 5) [3].

Pri listnatých a ihličnatých stromoch sa prejavuje zachytávanie prachu produkciou kyslíka a spotrebou kyslíka uhličitého. Pri plyných exhalátoch je účinok zelene len pri malých koncentráciách. V opačnom prípade dochádza k vysychaniu hlavne ihličnatých stromov.

Z uvedených porovnaní vyplýva, že problematiku dopadu dopravy na znečistenie ovzdušia v mestách je potrebné riešiť už na úrovni územnoplánovacej dokumentácie, kde sa rozhoduje o umiestnení komunikácií.

Potreba rovnováhy civilizačnej a biologickej zložky človeka sa výraznejšie prejavuje v mestskom intraviláne, kde sa na zhoršovaní životného prostredia podieľa aj automobilová doprava.

V intraviláne miest je citlivo vnímaný aj hluk od dopravy. Zeleň popri komunikácii tlmi hluk od dopravy v závislosti od

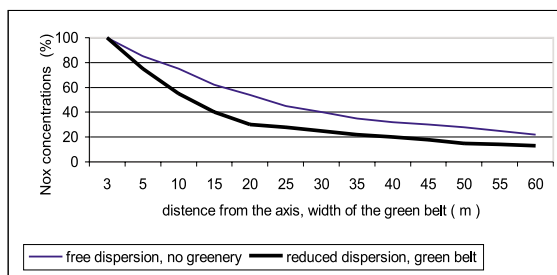
A bushy, dense deciduous greenery with the width of 5 m (see Fig. 3) reduces the dispersion of the pollutants to the surrounding by approximately 20 %. The greenery with the width of 10 m (see Fig. 4) reduces the dispersion of the pollutants by up to 60 % in the summer. The most proper is the combination of deciduous and coniferous species. There is no oscillation in the efficiency of the planting between summer and winter (see Fig. 5) [3].

The effect of capturing the dust by oxygen production and carbon dioxide consumption can be seen in deciduous and coniferous trees. Considering gaseous pollutants, greenery is effective only in case of low concentrations, otherwise coniferous trees in particular dry up.

It can be seen from the presented comparisons that the question of the impact of traffic on air pollution in urban agglomerations should be solved already at the stage of land planning documentation, where the location of the roads is determined.

The need of the balance between civilization and biological aspects of man is manifested especially in urban agglomerations, where automobile traffic makes the environment worse.

The noise from the traffic is felt as a sensitive issue in urban agglomerations. The greenery mutes this noise depending on the width of the green belt. More significant muting

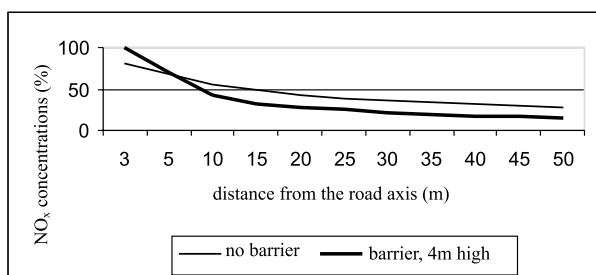


Obr. 6 Vplyv šírky zelene na redukciiu imisii
Fig. 6 The influence of the green belt on emission reduction

šírky zeleného pásu. Výraznejšie tlmenie sa prejavuje od šírky 15 – 20 m. V zelenom pásu je vhodná kombinácia stromov a kríkov, aby hluk prenikal čo najmenej. Odporúča sa kombinácia listnatých a ihličnatých drevín, nakoľko listnaté vo vegetačnom kľude nemajú vplyv na zníženie hluku. Zníženie hlukovej energie spočíva vo veľkom množstve odrazov od listov, konárov a ihličia, teda nie v pohlcovaní.

Protihlukové clony

Osadenie protihlukových clôn, stien a valov pozitívne pôsobí aj na rozptyl emisií. Stena síce tvorí bariéru, ktorá ovplyvní koncentráciu plyných látok v blízkosti komunikácie, ale pri jej vhodnom umiestnení redukuje túto hodnotu v oblasti za stenou, kde dochádza k zníženiu koncentrácie. Pokiaľ je teda vybudovaný chodník pre peších za protihlukovou stenou, sú dosahované koncentrácie v ovzduší nižšie.



Obr. 7 Vplyv protihlukovej steny na redukciiu emisií (rýchlosť vetra > 2m.s^{-1})

Fig. 7 Effect of the noise barrier on the emission reduction (wind velocity > 2m.s^{-1})

Z uvedených porovnaní vyplýva, že problematiku dopadu dopravy na znečistenie ovzdušia v mestách je potrebné riešiť už na úrovni územnoplánovacej dokumentácie, kde sa rozhoduje o umiestnení komunikácií, pričom je nevyhnutné porovnávanie variantných riešení.

4. Možnosti ovplyvnenia produkcie emisií

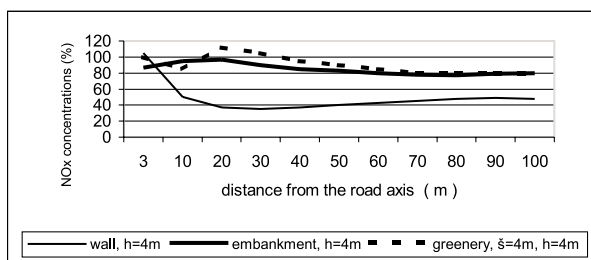
Redukovanie zdroja škodlivín predstavuje ovplyvňovanie intenzity dopravy zmenou dopravných tokov, znížením podielu nákladných vozidiel, obmedzovaním rýchlosti, čo možno dosiahnuť dopravným značením a zosúladením režimu dopravy v rámci komunikačného systému (zelené vlny).

V grafoch na obr. 10 a 11 sú uvedené porovnávacie údaje vypočítané pre rovnako smerovo orientovaný úsek komunikácie dlhý jeden km, šírkové usporiadanie MS 21,5 pre mestský režim jazdy vozidiel, čo zodpovedá zbernej komunikácii (MS) a rýchlostnej komunikácii R 22,5 pre mimomestský (plynulý) režim jazdy. Uvažovaný počet osobných vozidiel bol 10 000/24 h, nákladných 1000/24 h, špičková polhodinová doprava bola uvažovaná hodnotou 5 % z celodennej 24-hodinovej dopravy. Výpočet je uskutočnený podľa metódy SAV [4].

can be seen starting from the width of 15 – 20 m. In the green belt it is appropriate to combine trees and bushes, so that as little noise passes through as possible. It is recommended to combine deciduous and coniferous species, because the deciduous species have no effect on noise protection during their vegetative standstill. The reduction of noise energy is the result of the large amount of noise reflected on the leaves, branches and needles, not of absorption.

Noise Barriers

Construction of noise barriers has got positive influence also on the emission dispersion. A wall makes a barrier that affects the concentration of gaseous substances near the road, however, if it is properly situated, it reduces this value in the area behind the wall. Therefore, if footpaths are constructed behind noise barriers, the concentrations in the air are lower.



Obr. 8 Porovnanie účinku zelene, protihlukovej steny a zemného valu [3] (š – šírka, h – výška)

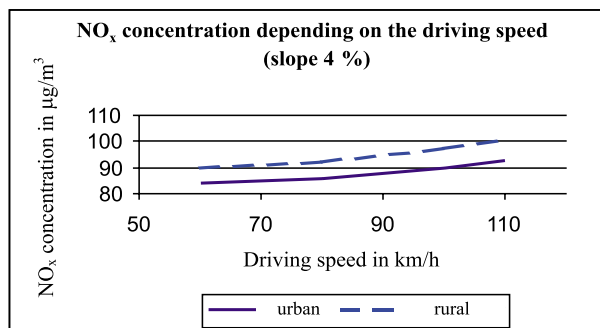
Fig. 8 Comparison of the effect of greenery, noise wall and embankment [3]

It can be seen from the presented comparisons that it is necessary to solve the impact of the traffic on air pollution already at the stage of land planning documentation, where the location of the roads is determined.

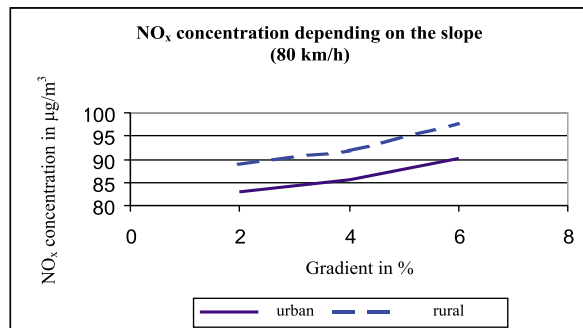
4. Possibilities of the Influencing the Production of Emissions

To reduce sources of pollutants means to influence traffic intensity by changing traffic flows, reducing the number of trucks, limiting speed, which can be achieved by road signs and synchronization of the traffic mode in terms of the communication system (green waves).

Figures 9 and 10 show comparative data calculated for a 1 km long road section with the same directional orientation with the wideness category of MS 21.5 for urban driving mode, which corresponds to a local distributor road (MS) and a R22.5 expressway for rural (fluent) driving mode. The assumed number of passenger cars was 10,000/24 hours, trucks 1,000/24 hours, the peak traffic in half an hour was assumed to be 5 % from the total all-day 24 hours traffic. The calculation was done according to the SAV (Slovak Science Academy) methodology. [4]



Obr. 9 Vplyv rýchlosti jazdy vozidiel
Fig. 9 Effect of the driving speed



Obr. 10 Vplyv pozdĺžneho sklonu komunikácie
Fig. 10 Effect of the slope

Vplyv regulácie dopravy na produkciu emisií

Pri skvalitňovaní životného prostredia v mestách zohráva významnú úlohu preventívny prístup k riešeniu problémov. Doprava ako taká je v súčasnosti problémom každého mesta. Jedným z príkladov, ako možno riešiť problém z hľadiska znečisťovania ovzdušia z dopravy, je rozsiahla štúdia pracovníkov Technickej univerzity v Grazi [5].

Pracovníci Technickej univerzity v Grazi vypracovali na základe testovania dopravy vo vopred zvolenej oblasti mesta štúdiu, v ktorej vyhodnotili spotrebu pohonných hmôt a vznik plyných emisií od dopravy v neregulovanej oblasti, pri zavedení obmedzenej rýchlosti na 30 km.h⁻¹ a pri rýchlosti 50 km.h⁻¹ v tej istej oblasti.

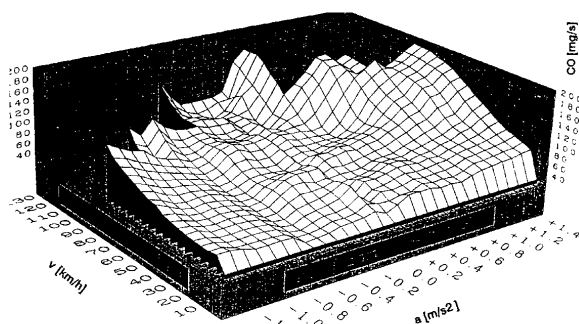
Sledované boli emisie oxidov dusíka NO_x, oxid uhoľnatý CO, produkcia nespálených uhľovodíkov C_xH_y (resp. HC), spotreba pohonných hmôt a cestovná rýchlosť. Uvedené faktory boli sledované a prepočítavané na tzv. jednotkové osobné vozidlo, ktoré vychádza zo zloženia dopravného prúdu zo 67 % vozidiel s benzínovým motorom (zážihovým) bez katalyzátora, 21 % vozidiel s benzínovým motorom s katalyzátorom a 12 % vozidiel s dieselovým motorom (vznetovým).

Effect of Traffic Regulation on Emission Production

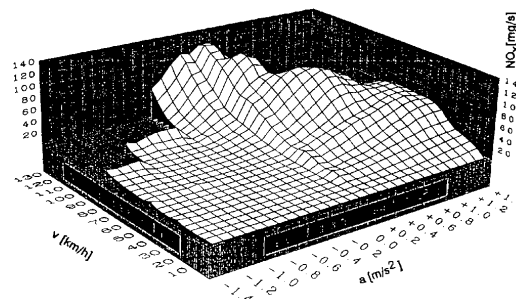
When enhancing the environment in urban agglomerations, preventive approach to problem solving plays a significant role. Traffic is a problem of every city nowadays. One of the examples how to solve this problem in terms of air pollution caused by traffic is a large study of the Technical University of Graz. [5]

Research workers from the TU Graz worked out a study based on testing the traffic in previously selected parts of the town, where they evaluated fuel consumption and emissions coming from traffic in an uncontrolled zone, when the speed was limited to 30 km/h and 50 km/h within the same zone.

Emissions of NO_x nitrogen oxides, carbon monoxide CO, production of non-combusted hydrocarbons C_xH_y (or HC), fuel consumption and traveling speed were monitored. These factors were calculated per passenger car unit (PCU), which is based on the traffic flow composition, where 67 % are the vehicles with gasoline engines (petrol engine) without catalyst, 21 % the gasoline engines with catalyst and 12 % are the vehicles with diesel engine (oil engine).



Obr. 11 Produkcia oxidu uhoľnatého CO
pre uvažované jednotkové vozidlo
Fig. 11 CO production per PCU



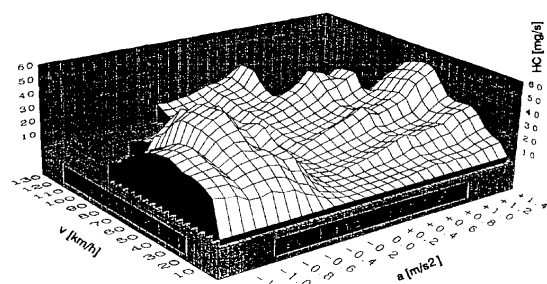
Obr. 12 Produkcia oxidov dusíka NO_x
pre uvažované jednotkové vozidlo
Fig. 12 NO_x production per PCU

Vzhľadom k závislosti na práci motora, ktorá úzko súvisí s profilom komunikácie, s miestom pred a za križovatkou resp. medzi

Because engine work depends on road profile, location in a place in front of or behind or between crossroads, where con-

križovatkami, kde možno hovoriť o konštantnej rýchlosti jazdy, bola vyhodnotená tvorba emisií jednotkového vozidla (pozri obr. 11 – 14).

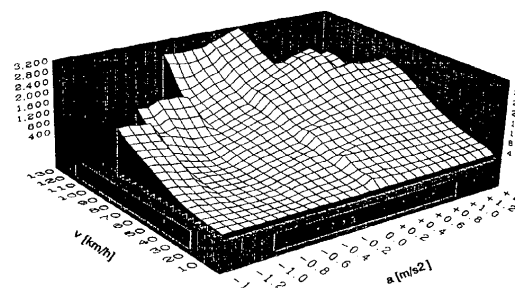
Tvorba emisií oxidu uhoľnatého je silne závislá od cestovnej rýchlosti, produkcia uhľovodíkov je tiež závislá od rýchlosti, ale pri oxidoch dusíka sa cestovná rýchlosť pri ich tvorbe neprejavuje.



Obr. 13 Produkcia uhľovodíkov HC pre uvažované jednotkové vozidlo
Fig. 13 HC production per PCU

stant driving speed can be presumed, production of the emissions per a passenger car unit was evaluated (see Figs. 11 – 14).

Production of the carbon monoxide emissions strongly depends on the traveling speed, production of hydrocarbons depends on the speed, too, however, the driving speed is not significant for the production of nitrogen oxides.



Obr. 14 Spotreba pohonných hmôt pre uvažované jednotkové vozidlo
Fig. 14 Fuel consumption per PCU

5. Matematické modelovanie znečistenia ovzdušia

V prvom priblížení môžeme považovať cestu za lineárny zdroj znečisťujúcich látok, na ktorom sú produkované znečisťujúce látky rozdelené rovnomerne. Existuje niekoľko principiálne odlišných metód matematického modelovania znečistenia ovzdušia z automobilovej dopravy [4, 9, 10]. Stručne popíšeme analytický model.

Analytický model – lineárny zdroj

Najjednoduchší model automobilového znečistenia ovzdušia je založený na jednoduchom poloempirickom gaussovskom vzťahu pre distribúciu znečisťujúcich látok v dymovej vlečke z lineárneho zdroja. Pre prízemnú koncentráciu znečisťujúcej látky bude platiť:

$$C(x, y, 0) = \frac{2q}{\sqrt{2\pi} U \sin \varphi \sigma_z} \cdot E(y_1, y_2), \quad (1)$$

kde q je emisia lineárneho zdroja v $\text{mg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, U je rýchlosť vetra v $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, φ je uhol medzi smerom vetra a osou komunikácie, σ_z je empirický parameter, charakterizujúci rozptyl znečisťujúcich látok vo vertikálnom smere. Funkcia $E(y_1, y_2)$ vyjadruje vplyv konečnosti lineárneho zdroja na distribúciu koncentrácie znečisťujúcich látok v okolí koncov komunikácie

$$E(y_1, y_2) = \int_{p_1}^{p_2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{p^2}{2}\right) dp = \text{erf}(p_2) - \text{erf}(p_1), \quad (2)$$

kde $p_1 = y_1/\sigma_y$, $p_2 = y_2/\sigma_y$, σ_y je parameter, charakterizujúci rozptyl znečisťujúcich látok v horizontálnom smere.

Pre nekonečný zdroj, pre ktorý $y_1 = -\infty$, $y_2 = \infty$ bude $E(y_1, y_2) = 1$.

Uvedený model je veľmi jednoduchý, spoľahlivý a používa sa na výpočet znečistenia ovzdušia z automobilovej dopravy nad rozsiahlou oblasťou. Podrobne bol popísaný v [6].

5. Mathematical Modeling of Air Pollution

In the first approximation, a street may be taken as a linear source of pollutants, where the produced pollutants are distributed equally. There are several principally different methods of mathematical modeling of air pollution caused by traffic [4, 9, 10]. The analytical model will be described briefly.

Analytical Model – Linear Source

The easiest model of the air pollution caused by traffic is based on the elementary semi-empirical Gauss relationship for pollutant distribution in a smoke tow coming from a linear source. The following will apply for the ground concentration of a pollutant:

$$C(x, y, 0) = \frac{2q}{\sqrt{2\pi} U \sin \varphi \sigma_z} \cdot E(y_1, y_2), \quad (1)$$

where q is emission from the linear source ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$), U is wind velocity ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), φ is the angle between the wind direction and the road axis, σ_z is the empirical parameter characterizing vertical dispersion of the pollutants. The $E(y_1, y_2)$ function expresses the effect of the linear source finality on the distribution of the pollutants near the ends of the road.

$$E(y_1, y_2) = \int_{p_1}^{p_2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{p^2}{2}\right) dp = \text{erf}(p_2) - \text{erf}(p_1), \quad (2)$$

where $p_1 = y_1/\sigma_y$, $p_2 = y_2/\sigma_y$, σ_y is the parameter characterizing horizontal dispersion of the pollutants.

For an unlimited source, where $y_1 = -\infty$, $y_2 = \infty$, the $E(y_1, y_2)$ function will be $E(y_1, y_2) = 1$.

The presented model is a simple and reliable one and is used to compute air pollution caused by traffic over large areas. A detailed description of this model is in [6].

Popis programu pre modelovanie produkcie emisií

Matematické modelovanie sa vykonáva na základe dopravnej prognózy. Trasa komunikácie musí byť umiestnená do súradnicového systému. Študované územie okolo trasy alebo objektu sa rozdelí na sieť bodov so vzájomnou vzdialenosťou 10 až 100 m, podľa veľkosti územia pre ktoré sa vypočítava produkcia emisií a koncentrácie oxidov dusíka.

Predpoklady a neurčitosti modelového výpočtu

- odhadovaná priemerná rýchlosť dopravného prúdu,
- špecifické emisie automobilov sú uvažované pre všeobecné zloženie dopravného prúdu pre súčasnú intenzitu dopravy a výhľad na ďalšie roky,
- veterné pomery o prevládajúcom smere vetra vychádzajú z priemerných údajov podľa dlhodobého sledovania SHMÚ, priemerná rýchlosť vetra je určená zo všetkých meraní vrátane bezvetria,
- uvažuje sa s najnepriaznivejšou stabilitou ovzdušia, kedy dochádza k najsilnejšej záťaži dýchacej zóny.

Vstupné údaje modelovania

V numerickom modeli pre modelovanie emisií od mobilných zdrojov sú zohľadnené:

- emisné faktory pre súčasný a budúci vozidlový park,
- objem dopravy a jej zloženie podľa druhov vozidiel,
- pozdĺžny sklon komunikácie,
- mestský resp. mimomestský režim dopravy (plynulosť jazdy vozidla, zástavba v okolí cesty),
- časový interval hodnotenia produkcie emisií,
- rýchlosť jazdy vozidla,
- poveternostné podmienky (smer a rýchlosť vetra),
- klimatické podmienky (podľa Pasquill-Giffordových kategórií stability).

Výstupy programového riešenia

- výpočet celkovej produkcie škodlivín do voľnej atmosféry (kg/deň),
- výpočet koncentrácie škodliviny v ovzduší ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Najvýznamnejším vstupným údajom všetkých matematických modelov znečistenia ovzdušia je emisia zdroja Q. Ako je vidieť, napr. zo vzťahu (1) je koncentrácia znečisťujúcej látky priamo úmerná emisii zdroja. Emisiu komunikácie nie je možno merať priamo, ako je to napríklad pri stacionárnych zdrojoch. Počítame ju na základe znalosti emisie automobilov, ktoré prejdú komunikáciou, podľa vzťahu

$$Q = \frac{PO \cdot EMO + PN \cdot EMN}{3600 \cdot T \cdot S}, \quad (3)$$

Description of the Program for the Emission Production Modeling

Mathematical modeling is done on the basis of a traffic prognosis. Horizontal alignment of the road must be placed into a system of coordinates. The studied area around the road or the object is fit into the grid of the size of 10 or 100 meters between the points, according to the size of the area, for which the emission production and nitrogen oxides concentration are calculated.

Assumptions and Indefinite Aspects of the Model Calculation

- Estimated average speed of the traffic flow,
- Specific emissions are considered for general composition of the traffic flow, for the current traffic volume and the prospective for the next years,
- Windy conditions related to the dominant wind direction are based on the average data from long-term monitoring of SHMU (Slovak Institute of Hydro-Meteorology), the average wind velocity is determined from all the measurements, including doldrums,
- The most unfavorable air stability is assumed, when there are the highest demands on the breathing zone.

Modeling Input Data

In a numerical model for modeling the emissions coming from mobile sources, the following is considered:

- Emission factors for the current and future fleet,
- Traffic volume and its composition according to a vehicle type,
- Longitudinal gradient of the road,
- Urban or rural traffic mode (driving fluency, buildings along the road),
- Period of the evaluation of emission production,
- Driving speed,
- Meteorological conditions (direction and velocity of the wind),
- Climatic conditions (according to Pasquill-Gifford categories of stability).

Modeling Output Data

- Calculation of the overall production of the pollutants into the atmosphere (kg/day),
- Calculation of the concentration of the pollutants in the atmosphere ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

The most significant input data for any mathematical model of air pollution is the source of an emission. For example, in formula (1) the concentration of the pollutant is directly proportional to the source of the emission. Emission of the road cannot be measured directly as it is in the case of a stationary source. The calculation is based on knowing the emissions coming from the vehicles running through the road according to the following relationship:

$$Q = \frac{PO \cdot EMO + PN \cdot EMN}{3600 \cdot T \cdot S}, \quad (3)$$

kde PO , PN – počet osobných, resp. nákladných vozidiel za čas T , EMO , EMN sú emisné faktory pre osobné, resp. nákladné automobily v $\text{mg}\cdot\text{m}^{-1}$, S je šírka komunikácie v m.

I keď vieme stanoviť PO , PN s vysokou presnosťou, je prakticky nemožné stanoviť presne emisné faktory EMO a EMN . Môžeme predpokladať, že prakticky každé vozidlo má inú emisiu znečisťujúcich látok i v prípade, ak ide o ten istý typ vozidla. Vozidlá sa môžu navzájom líšiť zaťaženosťou, technikou jazdy, rýchlosťou a nastavením motora. V slovenskej výpočtovej metodike sú všetky osobné a nákladné vozidlá charakterizované jediným priemerným emisným faktorom EMO a EMN .

6. Využitie modelu v praxi

Ako príklad uvádzame modelovanie znečistenia ovzdušia od dopravy v meste Žilina.

Mesto Žilina má rozlohu 8 652 ha a 88 tisíc obyvateľov [2]. Okres Žilina má hustotu cestnej siete 0,378 km/km^2 , resp. 2 $\text{km}/1000$ obyvateľov podľa údajov Slovenskej správy ciest – Cestnej databanky.

Základný komunikačný systém mesta je radiálno-okružný. Je vytvorený z 3 mestských okruhov, radiály tvoria cesty I. a II. triedy a mestské komunikácie.

Matematické modelovanie je vykonané na základe dopravnej prognózy pre sledované územie mesta. Prognóza súčasného stavu vychádza z celoštátneho sčítania dopravy v roku 1995 a 2000. Ďalšie údaje o intenzite dopravy sú prevzaté z dopravno-inžinierskych podkladov, ktoré sa spracovávali v rámci prípravy trasy diaľnice D1 a D18 v okolí Žiliny [3]. Hodnoty intenzít pre rok 2015 sú odvodené prepočtom hodnôt získaných z celoštátneho sčítania dopravy pomocou výhľadových koeficientov.

Študované územie komunikačného systému mesta bolo rozdelené na sieť bodov so vzájomnou vzdialenosťou 100 m, pre ktoré boli modelované koncentrácie oxidov dusíka.

Predpoklady a neurčitosti modelového výpočtu

- priemerná rýchlosť dopravného prúdu v meste bola uvažovaná 50 km/h ,
- uvažované špecifické emisie automobilov sú uvedené v tab. 2,
- priemerná častosť smerov vetra bola dlhodobo sledovaná na letisku v Dolnom Hričove, priemerná rýchlosť vetra je určená zo všetkých meraní vrátane bezvetria a je uvedená v tab. 3,

Špecifické emisie automobilov

Tab. 2

Rok	v [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	Emisný faktor [$\text{g}\cdot\text{km}^{-1}$]			
		CO		NO _x	
		os.	nakl.	os.	nakl.
2000	50	17,0	13,0	1,5	9,0
	80	8,0	7,0	1,8	8,0
2015	50	3,7	6,6	0,7	7,3
	80	2,2	2,8	0,9	6,8

where PO , PN – the number of passenger cars and/or trucks in the period T ; EMO , EMN are emission factors for passenger cars and/or trucks in [$\text{mg}\cdot\text{m}^{-1}$]. S is the road width in m.

Although we can determine the PO and PN with high accuracy, it is practically impossible to determine the exact emission factors for EMO and EMN . We can assume that every vehicle has got different emissions of pollutants, even if these are the vehicles of the same type. Vehicles can differ in load, driving technique, speed and engine setting. In the Slovak calculation methodology, every passenger car and every truck is characterized by the only one average emission factor EMO and EMN .

6. Utilisation of the Model in Practice

As an example, the modeling of the air pollution caused by the traffic in the city of Žilina is presented.

The area of Žilina is 8,652 ha and the city has got 88,000 inhabitants [2]. Road density of the Žilina district is 0.378 km/h^2 , or 2 $\text{km}/1000$ inhabitants according to the data from the Slovak Road Administration – the Road Databank.

The basic road network of the city is a radial-circular one. It is made of 3 urban circles; the radials are the I. and II. class roads and urban communications.

Mathematical modeling is done on the basis of a traffic prognosis for the monitored area. The prognosis of the present state is based on the national traffic census from 1995 and 2000. Further data on traffic volume are taken from traffic-engineering materials, which have been processed for the project of the D1 and D18 highway around Žilina. The values for traffic volume for 2015 are derived from the conversion of the values obtained in the national traffic census using the prognosis coefficients.

The communication system of the city was fitted to a grid with the point interval of 100 m, where concentrations of nitrogen oxides were modeled.

Assumptions and Indefinite Aspects of the Model Calculation

- Average speed of the traffic flow in the town was considered to be 50 km/h ,
- Considered specific vehicle emissions are given in Table 2,
- Average frequency of wind direction was used from long term monitoring in the Dolný Hričov airport, average wind velocity is estimated from all the measurements, including doldrums and it is presented in Table 3.

Specific vehicle emissions

Table 2

Year	v [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]	Emission factor			
		CO		NO _x	
		passanger car	truck	passanger car	truck
2000	50	17.0	13.0	1.5	9.0
	80	8.0	7.0	1.8	8.0
2015	50	3.7	6.6	0.7	7.3
	80	2.2	2.8	0.9	6.8

Priemerná častosť smerov vetrov za rok v %

Tab. 3

Stanica	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	Rých. vetra
Dolný Hričov	14,9	10,4	9,7	11,1	13,4	13,9	13,1	13,5	0,9 m/s

Očakávané vplyvy dopravy v meste

Pri modelovaní znečistenia ovzdušia boli posudzované množstvá celkovej produkcie znečisťujúcich látok do ovzdušia (t/rok) od celodennej 24-hodinovej dopravy, taktiež boli porovnávané koncentrácie oxidov dusíka NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na jednotlivých najviac zafatovaných úsekoch komunikačného systému mesta, vznikajúce od priemernej dennej intenzity dopravy a boli porovnané s prípustnou priemernou dennou koncentráciou NO_x , ktorá je $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na základe matematického modelovania [8] pre roky 2000 a 2015 bolo, zistené, že v meste Žilina sa od automobilovej dopravy pre rok 2000 vyprodukovalo v priemere 660,01 kg NO_x za deň, čo je v prepočte 240 t/rok. Z toho 132,9 t/rok (55 %) vyprodukovala osobná doprava. Pre rok 2015 sa predpokladá, že automobilová doprava vyprodukuje 575,45 kg NO_x za deň, čo je v prepočte 210 t/rok. Z toho 107 t/rok (51 %) vyprodukuje osobná doprava. Maximálna predpokladaná denná koncentrácia NO_x v roku 2015 by po dobudovaní plánovaných komunikácií nemala prekročiť $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Average frequency of wind direction in one year [%]

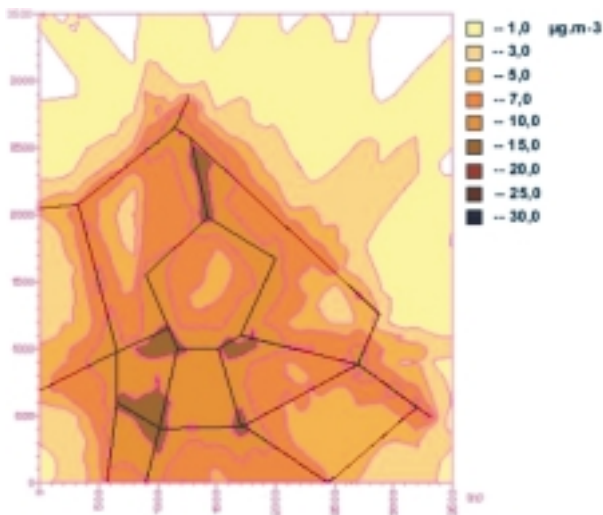
Table 3

Station	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Wind veloc.
Dolný Hričov	14.9	10.4	9.7	11.1	13.4	13.9	13.1	13.5	0.9 m/s

Expected Effects of the Traffic in the City

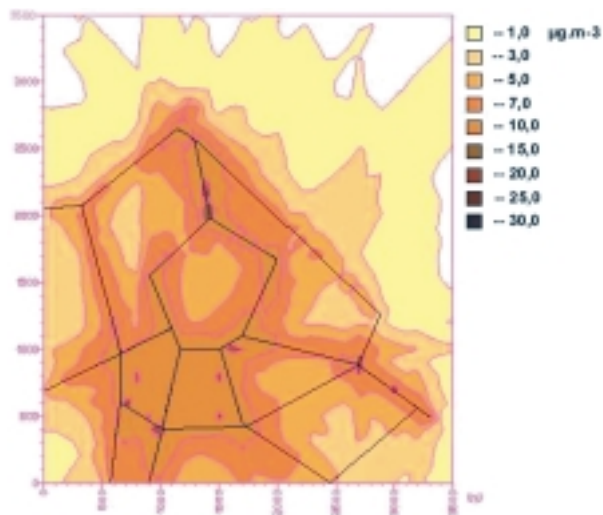
In the air pollution modeling, the amounts of the total production of pollutants into the air (t/year) were evaluated as based on the all-day long 24-hour traffic, and concentrations of nitrogen oxides NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) at the sections with the highest traffic volumes that originate from the average daily traffic were compared and these were compared to the permitted daily concentration of NO_x , which is $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Based on the mathematical modeling [8] for 2000 and 2015, it was found out that in the city of Žilina the traffic produced 660.01 kg of NO_x per day in 2000, equal to 240 t/year. Out of this volume 132.9 t/year (55 %) was produced by individual traffic. In 2015 it is expected that vehicles will produce 575.45 kg of NO_x per day, what equals to 210 t/year. Out of this volume 107 t/year (51 %) will be produced by individual traffic. Maximal assumed daily concentration of NO_x in 2015 after the planned communications are constructed should not exceed $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Obr. 15 Znáznornenie priemernej dennej koncentrácie NO_x v meste Žilina pre rok 2000

Fig. 15 Average daily concentrations of NO_x in Žilina in 2000



Obr. 16 Znáznornenie priemernej dennej koncentrácie NO_x v meste Žilina pre rok 2015

Fig. 16 Average daily concentrations of NO_x in Žilina in 2015

7. Záver

Ukážkou výsledkov pomocou matematického modelu chceme naznačiť široké možnosti využitia.

V príspevku nie je priestor na prezentovanie celej šírky získaných údajov z alternatívnych riešení modelu.

Kvalita a čistota ovzdušia sa stali vážnym problémom pri navrhovaní dopravných sietí v regiónoch i mimo nich, pri organizovaní dopravy aj územnom plánovaní.

7. Conclusion

The demonstration of the results obtained through the mathematical model is meant to indicate a wide range of its utilization. The length of the article does not allow us to present the whole scope of the data acquired from alternative model solutions.

Quality and cleanliness of the air have become a serious problem in projecting transport networks within and beyond regions, in transport organization and territorial planning.

Metódy matematického modelovania v súlade s dopravnými prognózami sú veľmi účinným nástrojom v tomto procese a v procese hodnotenia vplyvov na životné prostredie.

Imisná štúdia by preto mala byť súčasťou nielen projektovej dokumentácie cestných komunikácií na úrovni variantného rozhodovania o výbere vhodného umiestnenia cestných ťahov, ale aj neoddeliteľnou súčasťou rozhodovacích procesov na úrovni regionálneho riešenia dopravných problémov. Aby splnila svoj účel, mala by obsahovať modelovanie tvorby imisii z automobilovej dopravy v takom rozsahu, aby bolo možné porovnávať rôzne varianty riešenia a posúdiť prínosy alebo riziká, ktoré do regiónu prinesú.

Methods of mathematical modeling, in accordance with traffic prognoses, are a very effective tool in this process and in the process of evaluation of the effects on the environment.

An emission study should therefore form a part not only of a road project documentation at the level of variant decision-making about choosing a suitable location for road routes, but it should also be an inseparable part of a decision-making processes at the level of finding regional solution for problems with traffic. In order to achieve this aim, the study should comprise a model of emission production coming from automobile traffic to such extent that it would be possible to compare various alternatives to the solution and to evaluate the benefits or the risks brought about into the region.

Literatúra - References

- [1] ČERNÝ, M.: *Projekt európskych diaľnic AIMSE (Project of European highways AIMSE)*. Silniční obzor 1/1996
- [2] *Životné prostredie v Slovenskej republike, vybrané ukazovatele v rokoch 1996 - 2000* (The Environment in the Slovak Republic, Selected Indicators in 1996 - 2000), ŠÚ SR 2000
- [3] *Merkblatt über Luftverunreinigungen an Strassen, Teil: Strassen ohne oder mit lockerer Randbebauung*, MluS-92, Köln, 1996
- [4] HESSEK, F.: *Metodika výpočtu automobilového znečistenia ovzdušia (The method of road traffic air pollution calculation)*, SAV Bratislava 1993
- [5] PISCHINGER, R.: *Auswirkungen von "Tempo - 30" auf die Kfz - Abgasemissionen in Graz*, Eigenverlag Graz, 1991
- [6] ĎURČANSKÁ, D., HESSEK, F.: *Matematické modelovanie vplyvu diaľnice na znečistenie (Mathematical Modelling of the Highway Influence to Air Pollution)*, Komunikácie/Communications, vedecké listy ŽU, 4/2000, page 69 - 78
- [7] HOLLAREK, T.: *Posúdenie širších dopravných vzťahov diaľničných pripojení D1 a D18 v rámci žilinského regiónu (Assessment of broader transport relationships of D1 and D18 highway connections in the Žilina region)*, Enviconsult Žilina, 1996
- [8] HALABUK, M.: *Modelovanie znečistenia ovzdušia od automobilovej dopravy, diplomová práca (Modeling of air pollution caused by road traffic, Thesis)*, University of Žilina 2002
- [9] SZABÓ, G.: *Dispersion Model of Air Pollutants from Line Sources*, Meteorological Journal, 4/2001 ISSN 1335-33X, p. 23-32
- [10] <http://www.lakes-environmental.com/lakeepa1.html>, 2003-01-08

Vladimír Hlavňa – Rastislav Isteník *

NIEKTORÉ 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 zafaženie – 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@kvmz.utc.sk, rastislav_istenik@kvmz.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:

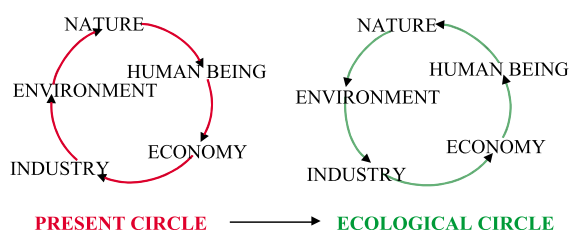
- toxicity, keď produkované emisie vyvolávajú otravy,
- genetiky, kedy sa pozornosť venuje látkam s karcinogénnymi a mutagénymi účinkami,
- ekológie, sledujúce biotické a abiotické faktory. Z tohto hľadiska veľké nebezpečenstvo predstavujú nespálené resp. odparené uhľovodíky a oxidy dusíka.

Za účelom zníženia rizika biologického pôsobenia emisií výfukových plynov dochádza k sprisňovaniu predpisov povolenej produkcie emisií pre výrobcov i užívateľov – pozri tabuľku 1. Výfukové plyny vznietových 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 zaťažení 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 spalovacích 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

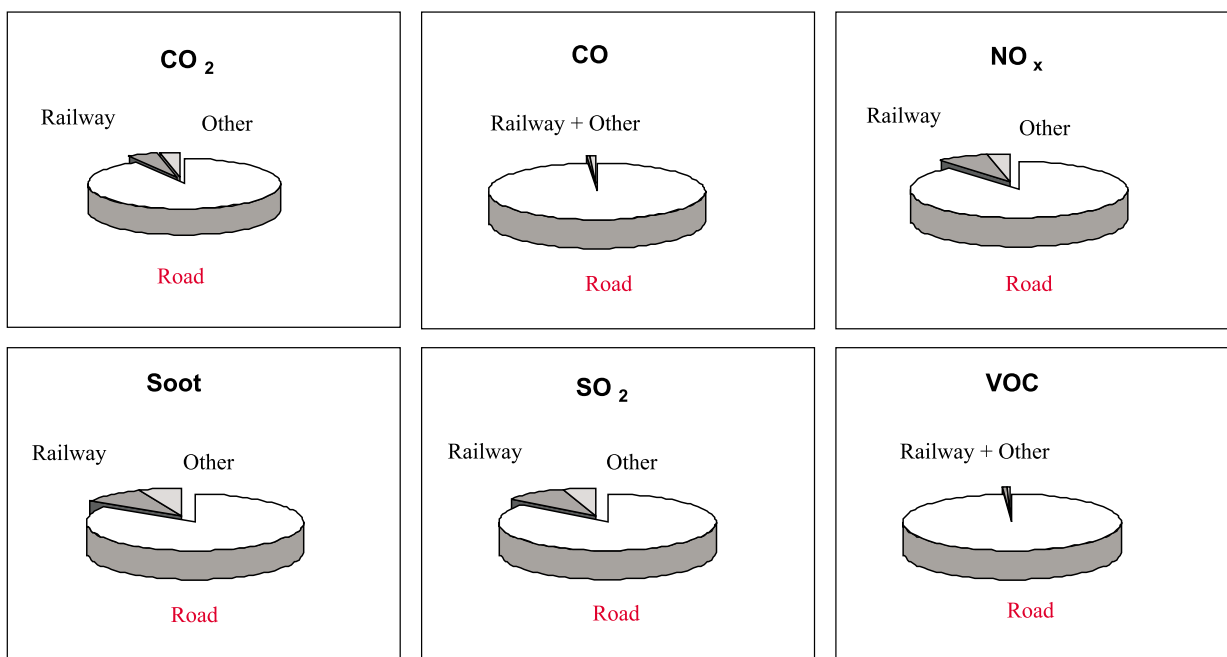
Tab. 2

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

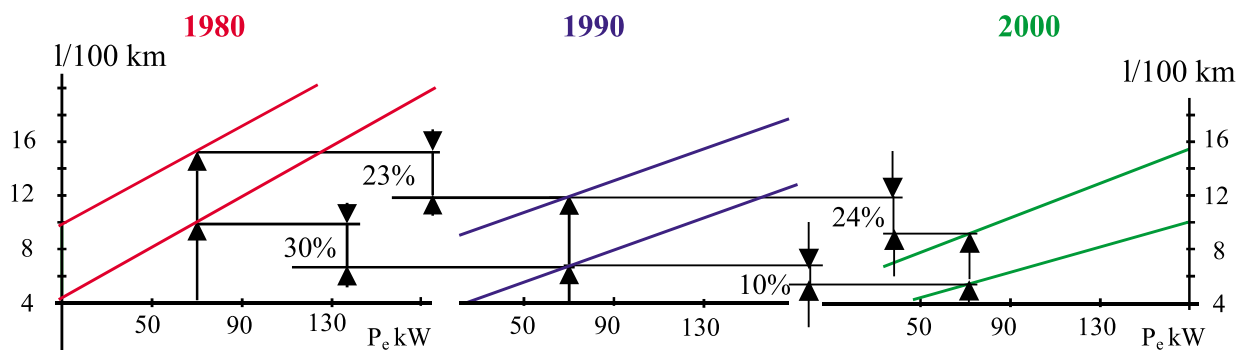
Relative comparison of influence of emissions of different types of transport

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:

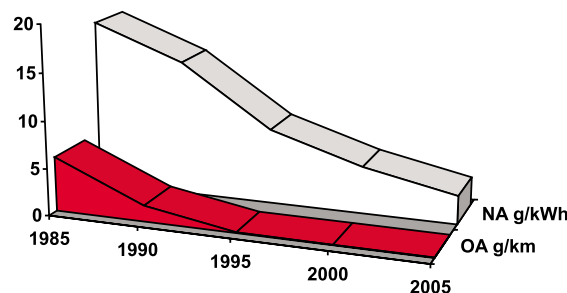
- technických riešení v konštrukcii i v prevádzke,
- technologických riešení v konštrukcii a prevádzke,
- systémových opatreniach v organizácii a riadení prevádzky automobilov,
- legislatívnych, ekonomických a osvetových opatreniach.

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.

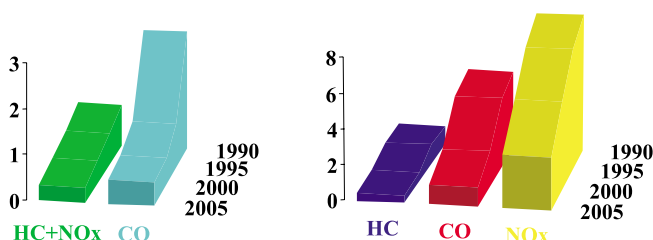


Obr. 4. Vývoj medzných hodnôt emisií pevných častíc pre osobné a nákladné automobily so vznetrovým motorom

Fig. 4. Development of limit values of solid particles for passenger and goods vehicles with diesel engines

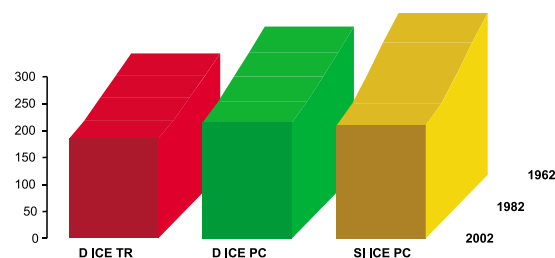
It is not only legislation - Fig. 4 and 5 - but also the relation to the environment that forces us to solve issues of automobile ecology and economy by means of technical and technological solutions. What

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



Obr. 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 preradačovania 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.

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

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.

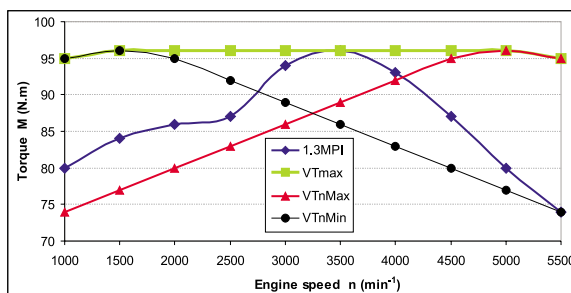
The present expansion of transportation induces, mostly in large towns, some problems resulting from inability to cope with situations on crowded roads and crossroads. There are more requirements put on a modern vehicle, namely to achieve high accelerations during start-ups at crossroads and, last but 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



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

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

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 prislúchajúce krivke $VTnMax$.

Výpočtový model vozidla so spaľovacím motorom

Model rozjazdu vozidla je do istej miery zjednodušený. Pri definovaní valivého odporu je zanedbaná vztlačková 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.

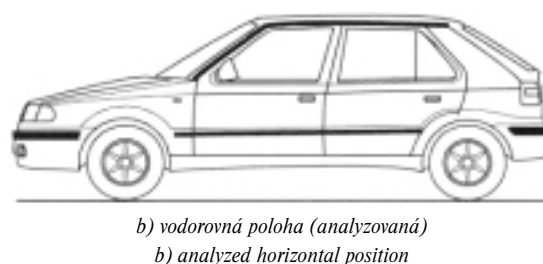
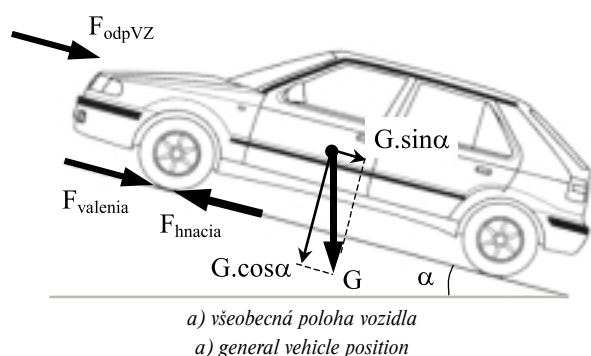
Špeciálne je namodelovaná činnosť spojky pri štarte vozidla. Vo výpočte sa uvažuje, že vodič pri rozbehu udržiava plynový pedál v polohe maximálneho stlačenia (t. j. motor pracuje v režime na vonkajšej charakteristike) a spojku ovláda tak, že udržiava motor na konštantných otáčkach 3500 min^{-1} až do 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 $\rho_{vz} = 1,16 \text{ kg.m}^{-3}$;

$= 1,16 \text{ kg.m}^{-3}$; súčiniteľ odporu vzduchu $c_x = 0,35$; čelná plocha vozidla $1,94 \text{ m}^2$; 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

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

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:

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

air drag coefficient $c_x = 0.35$; vehicle frontal area 1.94 m^2 ; 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

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

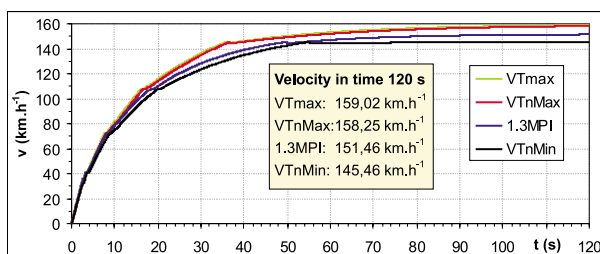
where i_{kol} – number of wheels,
 I_{1kol} – one wheel moment of inertia,
 i_R – permanent gear ratio,
 I_{prev} – moment of inertia of output gearbox shaft,
 $i_{celkový}$ – resultant gear ratio,
 I_{KH} – the crankshaft moment of inertia, including fly-wheel.

Equation of the vehicle motion:

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

Výsledky simulácie a príslušné analýzy

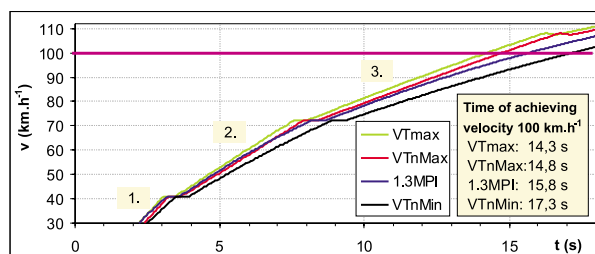
Výsledky sú počítané pre všetky štyri uvažované prípady tvaru momentovej krivky vonkajšej otáčkovej charakteristiky motora (obrázok 7), danej parametrami časovania rozvodu. Na obrázku 9 sú znázornené priebehy rýchlosti vozidla do času 120 s po štarte. Približne po 90 s nastáva vo všetkých prípadoch ustáľovanie 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.



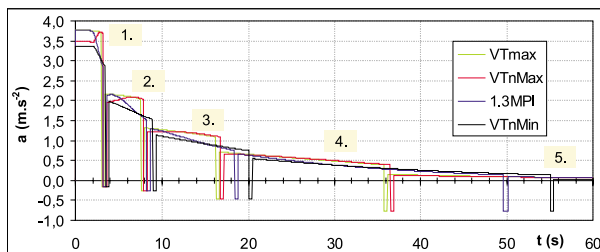
Obr. 9. Priebehy rýchlosti vozidla až po dosiahnutie ustálenej hodnoty
Fig. 9. Velocity behaviors until the conditioned state

Simulation results and appropriate analyses

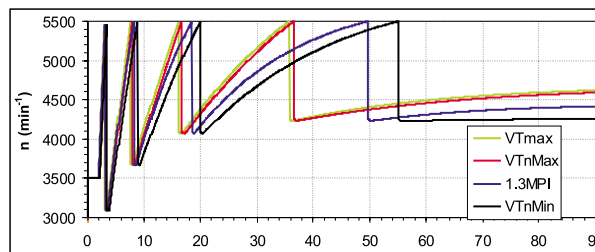
The results are calculated for all four considered shapes of the outer speed characteristics torque curve (Fig. 7), given by parameters of variable timing. In Fig. 9 there are velocity behaviors covering time interval of 120 s after the vehicle start. Approximately after 90 s in all cases there is velocity 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.



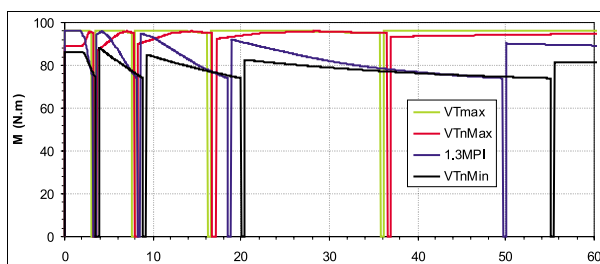
Obr. 10. Detail z oblasti dosiahnutia 100 km.h^{-1} pri rôznych časovaniach rozvodu
Fig. 10. Detail from the zone of achieving 100 km.h^{-1} for various valve gear timing



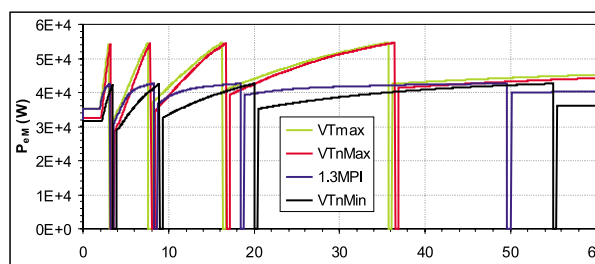
Obr. 11. Priebehy zrýchlenia vozidla pri rôznych časovaniach rozvodu
Fig. 11. Acceleration behaviors for various valve gear timing



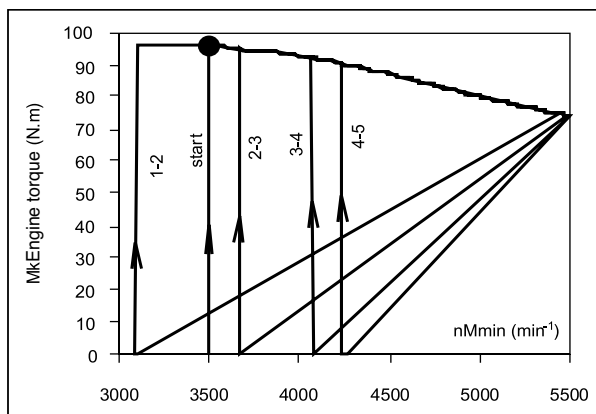
Obr. 12. Časový priebeh otáčok motora pri rôznych časovaniach rozvodu
Fig. 12. Engine rotational speed time behaviors for various valve gear timing



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

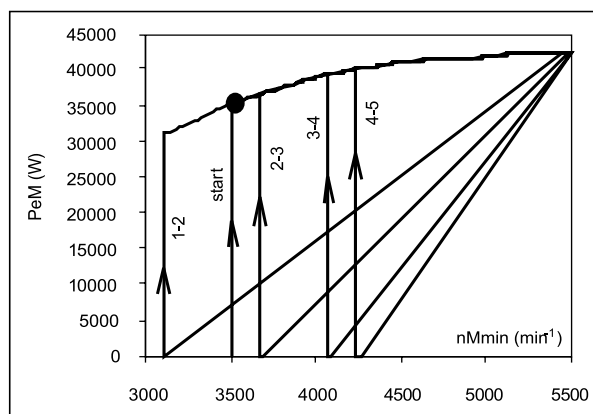


Obr. 14. Časový priebeh efektívneho výkonu motora pri rôznych časovaniach rozvodu
Fig. 14. Engine power time behavior for various valve gear timing



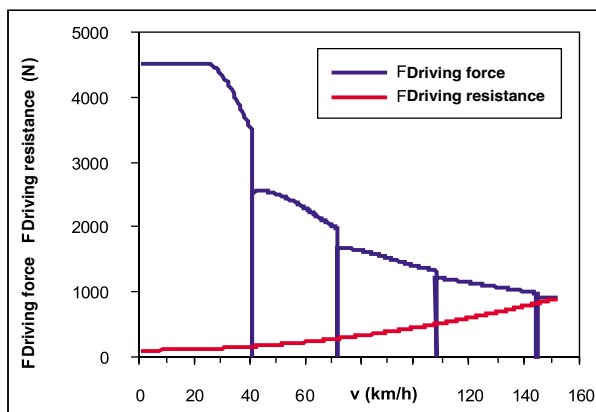
Obr. 15. Radenie prevodov (1.3MPI)

Fig. 15. Gear ratio changes (1.3MPI)



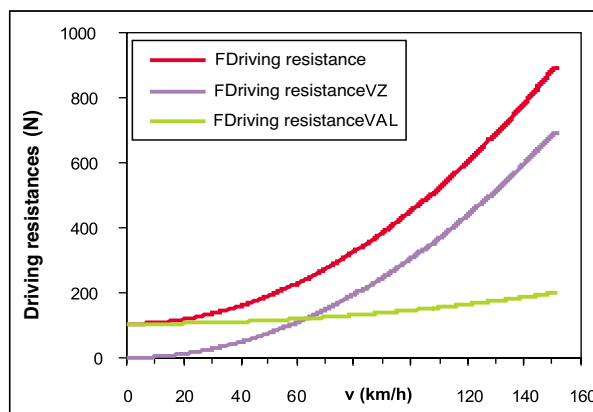
Obr. 16. Radenie prevodov (1.3MPI)

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 prehadzovania rýchlostných stupňov je zrýchlenie záporné z dôvodu spomaľovania, spôsobeného odporom pôsobiacimi proti pohybu vozidla. Spomaľovanie pri prehadzovaní 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. Preraďovanie 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 zaťaženia životného prostredia plynnými emisiami.

Centrálным problémom nie je len obava z vyčerpatelnosti energetických zdrojov, ale veľmi aktuálna i naliehavá je otázka zaťaženia 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.

Zygmunt Szlachta – Jerzy Cisek *

DODATOČNÉ VSTREKOVANIE PALIVA DO VALCA VZNETOVÉHO MOTORA AKO METÓDA ZNIŽOVANIA NO_x

THE DIESEL FUEL POST-INJECTION INTO ENGINE CYLINDER AS METHOD OF NO_x REDUCTION

Možnosti obmedzovania emisií NO_x vo valci vznetrového motora pri jeho konštrukcii alebo prostredníctvom prevádzkových parametrov sú limitované. Preto sa robia štúdie efektívnosti rôznych metód znižovania NO_x vo výfukových plynoch. Metóda, ktorú použili autori, využíva redukčného činiteľa vo forme chemicky aktívnych uhľovodíkov (radikálov) z paliva. Aby sa získali čiastočne oxidované a tepelne rozložené uhľovodíky, aplikoval sa dodatočný vstretek (vstreknutie ďalšej časti paliva) do valca vznetrového motora v priebehu expanzie. Na vykonanie tejto funkcie sa skonštruoval špeciálny systém na dodávku paliva skladajúci sa z dvoch vstrekovacích čerpadiel. Jedno z čerpadiel vstrekovalo hlavnú (primárnu) dávku paliva, druhé vstrekovalo dodatočnú dávku paliva. Vstrekovanie oboch dávok paliva bolo realizované rovnakým vstrekováčom. Vo výfukovom systéme jednovalcového testovacieho motora sa použil katalytický konvertor a všetky výfukové plyny vytvorené spaľovaním hlavnej dávky paliva a chemicky aktivované uhľovodíky pochádzajúce z dodatočnej dávky paliva prechádzali cez konvertor. Na vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov sa definovali rôzne postupy zamerané na efektívne znižovanie NO_x . Počas testov sa menil uhol vstretu hlavnej i dodatočnej dávky paliva (vzhľadom na hornú úvrat) ako aj teplota, priestorová rýchlosť výfukových plynov prechádzajúcich cez konvertor a druh paliva.

Zistilo sa, že ak sa použije metóda redukčného činiteľa, je celkový efekt redukcie NO_x kombináciou efektov získaných vo valci selektívnou nekatalytickou redukciou a účinkov v katalytickom konvertore získaných selektívnou katalytickou redukciou.

The possibilities of limiting the emission of nitrogen oxides in the cylinder of the diesel engine by means of its design and operating parameters are limited. This is why studies of the effectiveness of various methods for NO_x reduction in exhaust gases are being undertaken. The method used by the authors involves the utilization of a reducing agent in the form of chemically active hydrocarbons (radicals) from the fuel. In order to obtain partially oxidized and thermally decomposed hydrocarbons, the post-injection of fuel (the injection of an additional portion of fuel) into the diesel engine cylinder during the expansion stroke was implemented. To perform this function, a special fuel supply system consisting of two injection pumps was designed. One of the pumps was injecting the main (primary) fuel dose, and the other one - the additional fuel dose. Injection of both fuel doses was accomplished by the same injector. A catalytic converter was used in the exhaust system of the one-cylinder test engine, and all the exhaust gases produced in the combustion of the main diesel fuel dose and chemically activated hydrocarbons coming from the fuel post-injection (additional fuel dose) were passing through the converter. Various NO_x reduction efficiency measures were defined to evaluate the results obtained. During the tests, the additional diesel fuel dose and post-injection angle (relative to the TDC), as well as temperature, space velocity of exhaust gases through converter and sort of diesel fuel were changed.

It was found that using that method of the reducing agent dosage, the total effect of nitrogen oxide reduction was a combination of the effects obtained in the engine cylinder by Selective Non-Catalytic Reduction (SNR) and the effects obtained in the catalytic converter by Selective Catalytic Reduction (SCR).

1. Introduction

The issue of NO_x emission reduction pertains not only to diesel engine exhaust gases, but also to the spark ignition, petrol-fuelled engine. However, in the conventional spark-ignition engine, the problem of particulates emission is not so important as in the diesel engine, where particulates are produced during the combustion of heterogeneous mixtures, specific to the diesel engine. Nitrogen oxide emission in petrol engines has been limited to the level imposed by the relevant standards by the common use of three-way catalytic converters, reducing also other toxic constituents of

the exhaust gases (CO, HC). This concept is not useful in the diesel engine whose exhaust gases contain a significant amount of oxygen [4]. For this reason, research projects initiated currently aim to develop efficient NO_x emission reduction methods, based on the proven technologies for NO_x elimination from exhaust gases typical for the chemical industry and power industry.

According to the results of tests [19, 22, 23], nitrogen oxides generated in the process of burning diesel fuel in the diesel engine can be reduced by two methods: Selective Non-Catalytic Reduction (SNR) and Selective Catalytic Reduction (SCR). The former

* Zygmunt Szlachta, Assoc. Prof., D.Sc., Ph.D., M.E., Jerzy Cisek, Ph.D., M.E.,
Institute of Automobiles and Internal Combustion Engines, Cracow University of Technology, 31-155 Kraków, ul. Warszawska 24, Poland.
Tel./Fax.: ++48-12- 6282047, E-mail: z.szlachta@usk.pk.edu.pl, jcisek@usk.pk.edu.pl

one is a thermal method, and it can be employed in the processes of reduction taking place in the engine cylinder and partially in the exhaust system owing to a relatively high temperature of exhaust gases to which the reducing agent is added. However, outside the cylinder, the effectiveness of this method is low because of a rapid drop in the exhaust gas temperature. This temperature depends on the diesel engine operating conditions and, in the exhaust systems, ranges from 373 to 423K when the engine is idling, from 423 to 623K in urban traffic (low and medium loads and engine speeds), and from 623 to 1023K on a highway. In order to employ the SNR method to reduce nitrogen oxides it would be necessary to heat up exhaust gases, which involves energy losses.

In the engine exhaust system it is more favourable to use a catalytic converter which reduces NO_x emissions by means of the SCR method. An extensive development of this method, with an application to engine exhaust gases, started in the eighties. Similarly as in the chemical industry and stationary power plants, nitrogen-containing compounds, such as ammonia or urea, are usually considered as nitrogen oxide reducing agents. Various test results indicate that ammonia used in a catalytic converter to reduce the concentration of nitrogen oxides in the diesel engine exhaust gases provides high reduction efficiency exceeding 90%. The use of this reducing agent is, however, not practical owing to its toxicity, explosiveness in a mixture with air, and also by a sharp and unpleasant odour. Additionally, it would be necessary to use pressure vessels for the transportation of ammonia. Consequently, urea as an indirect source of ammonia seems to be more useful in this application.

Urea used as a non-toxic source of ammonia is a safe reducing agent. Additionally, its good solubility in water facilitates transportation in diluted form. As a result of injecting urea into hot exhaust gases (having a temperature above 430K) before the catalytic converter, the first reaction taking place is the hydrolysis of urea, during which ammonia and other compounds such as NH_2 are produced (one kilogram of urea yields 0.566 kg of ammonia). Assuming the NO to NO_2 ratio of 9:1, which is valid for the diesel engine exhaust gases, it can be calculated that to reduce 1 kg of NO_x , about 0.67 kg of urea is needed [9]. The efficiency of NO_x reduction depends both on the reduction process conditions and on the amount of urea used.

It must be emphasised that in order to use urea and/or ammonia in traction engines it would be necessary to employ a costly system dosing these reducing agents adequately to engine operating conditions (NO_x content of exhaust gases), and periodically replenishing the tank with the reducing agent. It would be also necessary to build a complete distribution system for ammonia or urea, and to take protective measures against the effects caused by a potential escape of toxic ammonia to the atmosphere from the engine exhaust system. Thus the use of the selective catalytic reduction of nitrogen oxides by means of nitrogen-based compounds is better justified in industrial diesel engines or in engines installed on ships, while for traction diesel engines powering motor vehicles it is more appropriate to focus research activities on the use of other reducing agents, such as hydrocarbons.

2. Studies of NO_x Reduction with Hydrocarbons

Publications on that subject usually describe the results of tests conducted in laboratory conditions. Such tests usually involve the reduction of nitrogen oxides contained in a mixture prepared from gases stored in pressure gas vessels and having similar composition to that of the actual diesel engine exhaust gases. To investigate the effects of NO_x reduction by the SCR method, hydrocarbons (also from a pressure gas vessel) were introduced into such gaseous mixtures flowing through a catalytic reactor. Less results of tests conducted with actual diesel engine exhaust gases are available. In such tests, the following substances were used to reduce nitrogen oxides: hydrogen H_2 , gaseous hydrocarbons CH_4 , C_2H_4 , C_3H_6 , etc. [7, 10, 12, 13], alcohols [4, 7, 14, 15] and hydrocarbons contained in diesel fuel. Diesel fuel was usually injected into the exhaust system, before the catalytic reactor [5, 10, 12, 13, 17, 18].

Because of its temperature, the location where hydrocarbons are added to exhaust gases has a considerable influence on the process of nitrogen oxide reduction, as it is related to the amount and chemical activity of radicals generated during the initial decomposition of hydrocarbon molecules. The most favourable solution seems to be the injection of an additional hydrocarbons directly into the cylinder, where they would be subjected to the initial decomposition. High temperature of the working medium and longer time of the initial decomposition of hydrocarbon molecules would be the advantages of such a solution. Considering possible engineering applications, the method of dosing the reducing agent into the cylinder has more advantages. This method was used in the tests described here, where additional hydrocarbons (contained in diesel fuel) were introduced directly into the engine cylinder, as a result of the post-injection of an additional, small portion of fuel, during the expansion stroke. Contrary to the main fuel dose injected during the compression stroke, the additional fuel dose did not have any influence on the engine output power.

In order to chemically activate the hydrocarbons, the additional fuel dose injected into the cylinder should undergo a similar physical and chemical transformation as in the autoignition delay period, i.e. it should produce the so-called cool flame, without reaching the hot flame state (i.e. autoignition and combustion). In such conditions, as a result of thermal decomposition of hydrocarbon molecules and their initial reactions with oxygen contained in the exhaust gases, chemically active molecules of hydrogen H_2 , radicals $\text{R}^\bullet$ (hydrocarbon molecule after losing one hydrogen atom), $\text{HO}_2^\bullet$, $\text{ROO}^\bullet$ and atomic hydrogen $\text{H}^\bullet$ are produced, demonstrating strong NO_x -reducing properties. This method of injecting additional fuel dose into the cylinder causes some portion of the products of partial oxidation of hydrocarbons to react with nitrogen oxides yet in the engine cylinder (because of high temperature inside it). Consequently, a part of nitrogen oxides is subjected to thermal reduction. It must be noted that the radicals taking part in the process of nitrogen oxide reduction may be also contained in the products of water, carbon monoxide, and carbon dioxide dissociation, generated by burning the main fuel dose [19, 22, 23].

Reactions of NO_x reduction taking place in a catalytic reactor have different course than thermal reactions, and their mechanism

depends not only on the reducing agent type, but also on the reactor type used. Iwamoto, who first started to use hydrocarbons for NO_x reduction in the diesel engine exhaust gases by the SCR method, proved that in the Cu/ZSM-5 zeolitic reactor, reducing agents such as C_2H_4 , C_3H_6 , C_4H_8 and alcohols demonstrate selective reducing capability, while H_2 , CO and CH_4 are non-selective reducing agents with respect to nitrogen oxides [11]. This indicates that the level of NO_x reduction depends on the selective capability of particular reducing agents. In the case when diesel fuel is used as the reducing agent source it is difficult to determine its selective capability, because it depends on the percentage of particular hydrocarbons or hydrocarbon groups in the fuel. According to [6, 14], aromatic hydrocarbons are the best reducing agents, followed by olefins, paraffins, and aldehydes. It must be remembered that depending on the engine operating conditions, the composition and amount of unburned hydrocarbons change continuously. Apart from the selective capability of the reducing agent and the exhaust gas temperature, at the same relative volumetric flow rate of exhaust gases SV, the efficiency of NO_x reduction is influenced also by H_2O , SO_2 , and O_2 [13]. The mechanisms of NO_x reduction in a catalytic converter have been investigated in many papers summarized in [23], especially interesting being the model presented by Hamada, proposing two ways of NO_x reduction [8].

In view of the above, it may be stated that the final effect of NO_x reduction in the diesel engine exhaust gases combines the results of both thermal (SNR) and catalytic (SCR) reduction. Partial effects depend not only on the volume of the additional injection of fuel being the source of the reducing agent, but also on the time and temperature at which hydrocarbons are present in the cylinder before the exhaust valve opens. In order not to burn the hydrocarbons additionally introduced into the cylinder, the fuel post-injection (effected during the expansion stroke) must not be too early in relation to the injection and combustion of the main fuel dose. It cannot be effected too late, either, since the temperature in the cylinder may be too low and the time mentioned above may be too short. Thus the total NO_x reduction efficiency may be influenced by the following factors: volume of the additional fuel dose, timing of fuel post-injection (relative to the expansion stroke), engine speed and engine load, exhaust gas temperature, oxygen concentration in the exhaust gases, etc. Diesel fuel composition, i.e. the content of hydrocarbon groups influencing thermal decomposition of molecules, may also have a significant effect on the reduction efficiency.

The idea presented in the paper is based on the simultaneous implementation of diesel fuel post-injection and a catalytic converter. It does not require any additional dosing system for injecting hydrocarbons before the converter. The method could be implemented quite easily in widely used common-rail injection systems which allow the fuel dose injected to be divided into freely adjusted portions. Such a system of hydrocarbon dosage has been already indicated in [16], but without any detailed information.

The possibility of using fuel-contained hydrocarbons in the process of thermal and catalytic reduction of NO_x in the diesel engine exhaust gases has been investigated in the Cracow Univer-

sity of Technology [3, 19, 20, 21, 22, 23]. Tests were done on the single-cylinder test engine. For the purpose of tests, a special fuel supply system was built, consisting of two injection pumps: a main injection pump delivering fuel necessary for engine operation, and an additional injection pump delivering additional amount of fuel (hydrocarbons) used for NO_x reduction. The pumps were connected in a row by means of a clutch providing continuous change of angle between injection the main fuel dose and the additional fuel dose. Fuel from both pumps was delivered to the engine cylinder through the same injector. To eliminate unnecessary interaction between fuel pressures generated by both pumps, a double check valve was installed before the injector. A catalytic converter was installed in the exhaust system. Exhaust gas samples were taken for analysis before and after the catalytic converter. Temperature was measured at the points where samples were taken.

3. NO_x reduction efficiency definitions

As it has been mentioned before, owing to a high temperature in the cylinder and a longer time of initial decomposition of molecules, first effects of radicals and hydrogen reducing action may be observed yet in the engine cylinder, and also in the exhaust manifold between the cylinder and the catalytic converter. The resultant NO_x reduction has the form of Selective Non-Catalytic Reduction (SNR). In the catalytic converter, however, NO_x reduction is accomplished by Selective Catalytic Reduction (SCR). To evaluate the effects of both NO_x reduction methods, and to evaluate the total effect, three definitions of NO_x reduction efficiency have been introduced. Auxiliary quantities used for calculations, together with the points where the exhaust gases were sampled for analysis, are shown in Fig. 1.

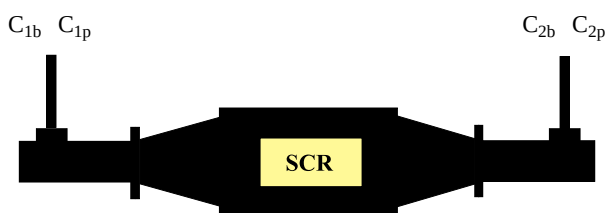


Fig. 1. Quantities used for the calculation of NO_x reduction efficiency

where:

- $C1b$ – NO_x concentration before the catalytic converter, the engine being supplied only with the main fuel dose (without fuel post-injection),
- $C1p$ – NO_x concentration before the catalytic converter, the engine being supplied with the main and additional fuel dose (with fuel post-injection),
- $C2b$ – NO_x concentration after the catalytic converter, the engine being supplied only with the main fuel dose (without fuel post-injection),
- $C2p$ – NO_x concentration after the catalytic converter, the engine being supplied with the main and additional fuel dose (with fuel post-injection).

For the purpose of a test results analysis, several definitions of NO_x reduction efficiency can be applied:

η_{SNR} - the efficiency of thermal Selective Non-Catalytic Reduction between the cylinder and the catalytic converter.

$$\eta_{\text{SNR}} = \frac{C_{1b} - C_{1p}}{C_{1b}}$$

η_{SCR} - the efficiency of Selective Catalytic Reduction in the catalytic converter.

$$\eta_{\text{SCR}} = \frac{C_{1p} - C_{2p}}{C_{1p}}$$

η_T - the total efficiency of NO_x reduction, combining the effects of both Selective Non-Catalytic Reduction (SNR) before the catalytic converter and Selective Catalytic Reduction (SCR) in the catalytic converter.

$$\eta_T = \frac{C_{1b} - C_{2p}}{C_{1b}}$$

4. Results and discussion

4.1. The influence of fuel post-injection timing during the expansion stroke

Efficiency of NO_x reduction measurements were made at two engine speeds: at 1600 r.p.m., and 2000 r.p.m. The torque developed by engine was constant ($T = 60 \text{ Nm}$) in both cases. The main fuel dose was adjusted so as to obtain the assumed operating parameters of the engine, and its volume was $q_1 = 60 \text{ mm}^3/\text{cycle}$ at 1600 r.p.m., and $q_1 = 63 \text{ mm}^3/\text{cycle}$ at 2000 r.p.m. The ratio of the reducing agent to nitrogen oxides before catalytic reactor was kept at a constant level ($\text{HC}_1/\text{NO}_x = 3$). This value was determined by analyzing the results of tests conducted in other research centres. These results were obtained for direct introduction of hydrocarbons before the catalytic converter, and the optimum HC_1/NO_x ratio in terms of NO_x reduction efficiency and reducing agent utilization was determined at a level of 3 [1, 2, 4].

The start angle of fuel post-injection (injection of additional fuel dose) (was varied from 60 to 200° ATDC - after the top dead centre (the exhaust valve of the test engine starts to open at 140° ATDC). It was not possible to use smaller angle values because, in spite of considerably increased additional fuel dose, it was impossible to obtain the assumed ratio $\text{HC}_1/\text{NO}_x = 3$. It is generally known that the amount of nitrogen oxides produced in the combustion chamber is constant at constant engine speeds and constant engine loads. However, when the start angle of fuel post-injection was changed, the concentration of hydrocarbons before the converter also changed, and it was necessary to adjust the additional injection fuel dose in order to maintain a constant HC_1/NO_x ratio. Changes in the concentration of hydrocarbons were mainly due to the utilization of some hydrocarbons in the process of NO_x reduction between the cylinder and the converter (Selective Non-Catalytic Reduction, SNR), and due to the fact that some hydrocarbons from the additional injection fuel dose were burnt in the engine

cylinder, when the fuel post-injection took place too early after the TDC.

Fig. 2 shows the influence of the fuel post-injection angle on the efficiency of NO_x reduction between the engine cylinder and the catalytic converter. The highest value of $\eta_{\text{SNR}} = 24\%$ was obtained for 1600 r.p.m. and $\alpha = 60^\circ \text{ ATDC}$. For $\alpha > 140^\circ \text{ ATDC}$, the efficiency was around 10%. At 2000 r.p.m., for $\alpha = 80^\circ \text{ ATDC}$, η_{SNR} was 22%, and for $\alpha > 120^\circ \text{ ATDC}$, (SNR was about 4%). It is clear that the efficiency of NO_x reduction depends on the fuel post-injection angle only for low values of this angle.

A drop in the efficiency of NO_x reduction by the SNR method for the increasing values of the fuel post-injection angle α (valid for low α values only) can be explained by the fact that less reducing agent was delivered to the cylinder when the delay of fuel post-injection relative to the TDC was longer. In such conditions the amount of chemically activated hydrocarbons decreased as well, also as a result of decreasing temperature inside the cylinder. At higher α values the efficiency of thermal NO_x reduction did not change, which may be explained by a stable amount of chemically activated hydrocarbons, although the total amount of hydrocarbons was different.

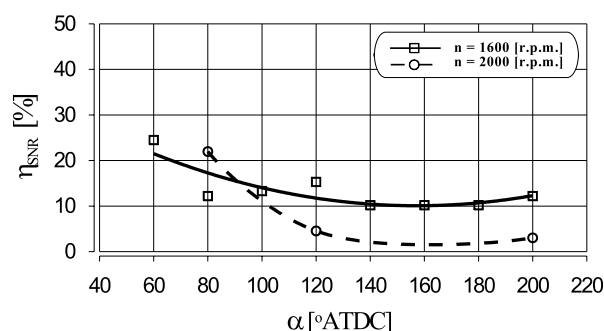


Fig. 2. The influence of the fuel post-injection angle on the efficiency of thermal NO_x reduction

The total efficiency of NO_x reduction η_T , combining all processes of NO_x reduction before and after the catalytic converter as a function of the fuel post-injection angle, is presented in Fig. 3. The functions showing this relationship are increasing for both engine speeds. A stronger influence of the fuel post-injection angle is visible at 2000 r.p.m. and for $\alpha < 120^\circ \text{ ATDC}$. At 1600 r.p.m. similar values of η_T (about 20%) were obtained in the whole range of variability of the fuel post-injection angle. At 2000 r.p.m., η_T was around 18% in the α range from 120 to 200 oATDC, but when the start of fuel post-injection was closer to the TDC, the values of η_T decreased, reaching 10% for $\alpha = 80^\circ \text{ ATDC}$. This decrease in the total conversion efficiency was caused by lower NO_x reduction efficiency in the converter, dropping down to even negative values (the amount of nitrogen oxides in the converter increased) - see Fig. 4.

Fig. 4 shows an increase in the NO_x reduction efficiency in the catalytic converter along with the increasing fuel post-injection

angle, mainly for low values of that angle ($\alpha < 120^\circ$ ATDC), and for both engine speeds. For higher values of α , a stabilization of NO_x reduction efficiency can be observed. It should be noted that for the lowest α values the efficiency η_{SCR} drops below zero. Positive aspects of catalytic converter utilization can be noticed only for α exceeding 80° ATDC at 1600 r.p.m., and for α exceeding 120° ATDC at 2000 r.p.m., because in that range the NO_x reduction efficiency is greater than zero.

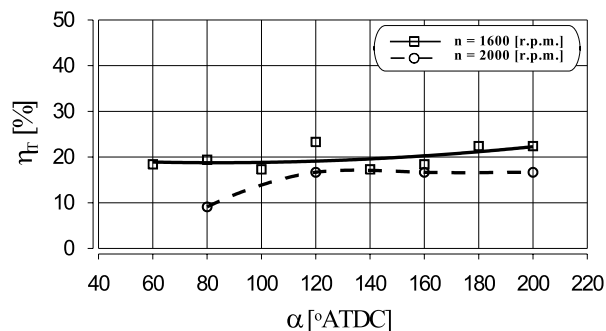


Fig. 3. The influence of the fuel post-injection angle on the total efficiency of NO_x reduction

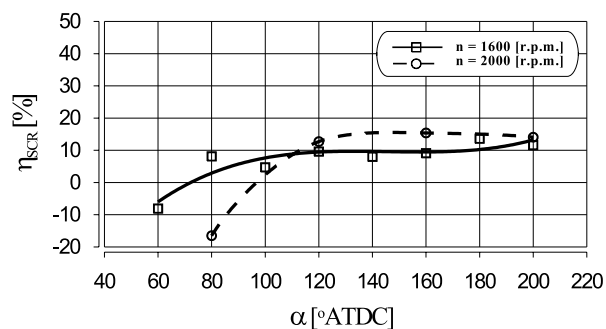


Fig. 4. The influence of the fuel post-injection angle on the efficiency of catalytic NO_x reduction

Negative values describing NO_x reduction efficiency demonstrate that the catalytic converter does not reduce nitrogen oxides effectively. This is caused by the fact that at high exhaust gas temperatures (exceeding the activation temperature of the converter by 200 K) the converter becomes inactive and loses its selective capability including the capability of NO_x reduction. Probably because of high exhaust gas temperatures and an excess of oxygen, further reactions of nitrogen oxidation take place in the converter (the exhaust gas temperature after the converter is lower, and the reaction of nitrogen oxidation is endothermic), and the concentration of nitrogen oxides inside the converter increases.

4.2. The influence of the additional diesel fuel dose

Tests were conducted at two engine speeds: 1600 and 2000 r.p.m., with two constant parameters: the engine torque ($T = 60 \text{ Nm}$),

and the fuel post-injection angle ($\alpha = 100^\circ$ ATDC). The volumes of additional fuel dose were relatively high, reaching 26% of the main fuel dose at 1600 r.p.m. and 33% of the main dose at 2000 r.p.m. Such volumes were necessary to obtain the required maximum HC_1/NO_x ratio of 10 before the converter. It was expected that by using diesel fuel as a reducing agent source (diesel fuel is a mixture of hydrocarbons having various selectivity in terms of NO_x reduction), the optimum level of that ratio in terms of NO_x reduction efficiency would be much higher than 3.

The curves shown in Fig. 5 prove that with higher volumes of additional fuel dose, the efficiency of NO_x reduction in the SNR process increased. This increase was, however, not uniform, being higher for 1600 r.p.m. and lower for 2000 r.p.m. One can suspect that at 1600 r.p.m. more chemically active hydrocarbons were used in the SNR reactions. The volumes of fuel injected as the additional dose were smaller, but most of the hydrocarbons were not burnt. Initially decomposed and partially oxidized (chemically activated) hydrocarbons acted as an effective NO_x reducing agent. The maximum efficiency (SNR in test conditions reached about 34% at 1600 r.p.m. and about 10% at 2000 r.p.m.

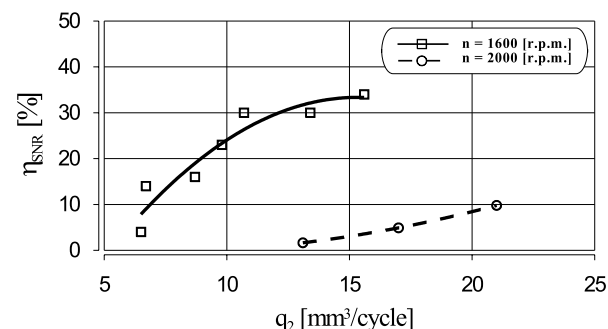


Fig. 5. The influence of the additional fuel dose on the efficiency of thermal reduction of nitrogen oxides

The total efficiency of NO_x reduction η_T as a function of the additional fuel dose volume is presented in Fig. 6.

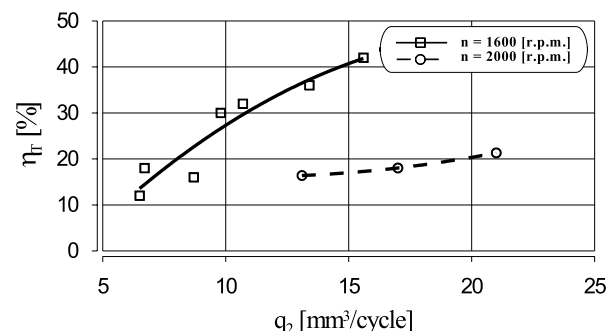


Fig. 6. The influence of the additional fuel dose on the total efficiency of NO_x reduction

The shape of both curves (for both engine speeds) is identical as those of the SNR process efficiency curves. The reason for

higher η_T values for the corresponding volumes of the additional fuel dose are additional processes of NO_x reduction taking place in the catalytic converter. For the maximum volume of the additional fuel dose, the efficiency η_T reached about 42% at 1600 r.p.m. and about 21% at 2000 r.p.m. From the comparison with the results of the SNR process (Fig. 5) it is clear that the gain is relatively small. This is caused by low conversion efficiency in the catalytic converter.

Fig. 7 shows the influence of the additional fuel dose volume on the efficiency of NO_x reduction in the catalytic converter (η_{SCR}). Attention must be drawn to the small influence of the additional fuel dose volume on the efficiency of the SCR process in the catalytic converter. The fuel post-injection results in a slight tendency towards higher efficiency numbers only at 1600 r.p.m. A reason for this insignificant sensitivity of the NO_x reduction efficiency to the additional fuel dose volume may be the fact that, irrespective of the variation in the amount of hydrocarbons introduced into the converter, only a constant portion of hydrocarbons demonstrate selective reducing capability suitable for the converter being used. With the fuel post-injection, slightly better average efficiency of the SCR process in the converter (about 13%) was reached at 2000 r.p.m., while at 1600 r.p.m. the efficiency was about 8%. The reason for this may be higher exhaust gas temperature before the converter at 2000 r.p.m. resulting in gaining selective capabilities by more hydrocarbons contained in exhaust gases.

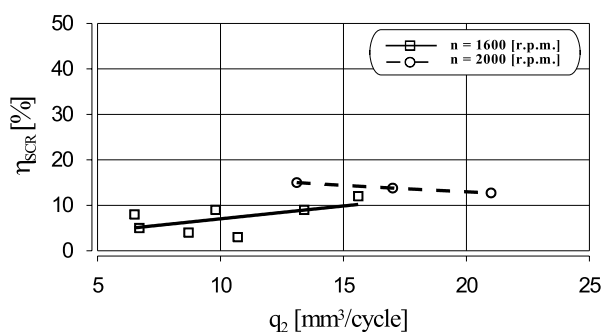


Fig. 7. The influence of the additional fuel dose on the efficiency of NO_x reduction in the catalytic converter

4.3. The influence of the space velocity of exhaust gas flowing through the converter

The space velocity of exhaust gas SV is defined as the ratio of volumetric flow rate of exhaust gas flowing through the converter to the converter volume. As it can be seen in Fig. 8, the influence of this parameter on the efficiency of NO_x selective catalytic reduction turned out to be very strong. While at the highest SV of $78 \times 10^3 \text{ h}^{-1}$ the NO_x reduction efficiency of 22% was obtained, at $SV = 30 \times 10^3 \text{ h}^{-1}$ even 68% reduction efficiency was found. As during the tests the proportion of the reducing agent to the NO_x volume did not change ($\text{HC}_1/\text{NO}_x = 5$), it must be stated that the reduction of NO_x concentration after the converter was

caused by better conditions for the adsorption of nitrogen oxides and the reducing agent in the active cells of the converter due to prolonged contact time. Because of lower velocity of exhaust gas flowing through the converter, particles of nitrogen oxides and those of the reducing agent, due to their low kinetic energy, were deposited easier, increasing the level of adsorption in the active cells of the converter.

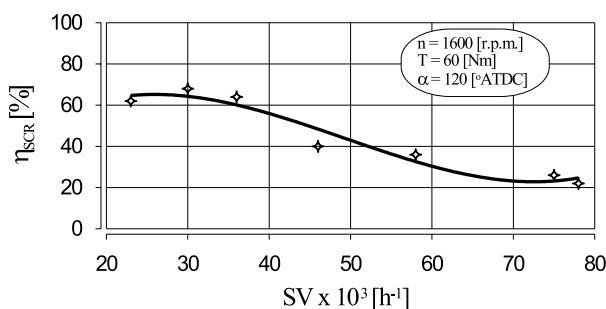


Fig. 8. The influence of space velocity SV on the efficiency of catalytic NO_x reduction

Fig. 9 shows the total efficiency of NO_x reduction as a function of the space velocity of exhaust gas flowing through the converter. This includes NO_x reduction accomplished by selective non-catalytic (thermal) method (SNR) and by selective catalytic reduction (SCR).

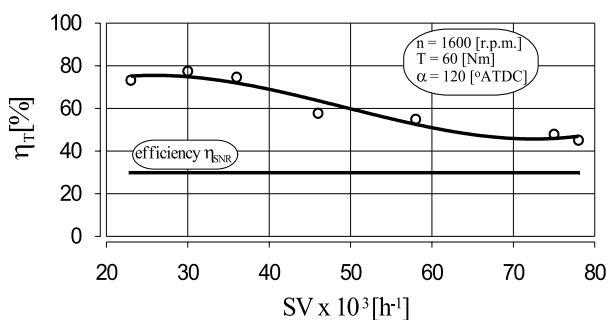


Fig. 9. The influence of space velocity SV on the total efficiency of NO_x reduction

The concentration of nitrogen oxides in the natural exhaust gas was 710 ppm. As a result of thermal reduction between the engine cylinder and the converter it decreased to 500 ppm. Consequently, (SNR was 29.5% and this value did not change during the investigation of the influence of SV on the NO_x reduction efficiency in the converter. The total efficiency of NO_x reduction was determined assuming the concentration of nitrogen oxides in natural exhaust gas, i.e. 710 ppm, as a reference value. With this assumption it was possible to determine the efficiency of NO_x reduction from the whole volume of nitrogen oxides contained in the natural exhaust gas of the engine. As it can be seen, the

minimum reduction efficiency of 42% was registered at the highest SV of exhaust gas flowing through the converter, namely at $78 \times 10^3 \text{ h}^{-1}$. The total efficiency of NO_x reduction was higher at lower SV values, and at SV of $30 \times 10^3 \text{ h}^{-1}$ an efficiency of 77,5% was obtained.

The results obtained lead to a conclusion that both methods implemented, i.e. the SNR and the SCR have a significant influence on the total efficiency of NO_x reduction in the exhaust gas of the engine. As at certain conditions of NO_x reduction process (with the post-injection of diesel fuel into the engine cylinder) there are some limitations affecting the possibility of influencing the efficiency of thermal reduction, the development work on the optimisation of catalytic converters, and consequently on the improvement of the SCR process, should be intensified.

4.4. The influence of exhaust gas temperature at the converter

The investigation of the influence of exhaust gas temperature on the efficiency of NO_x reduction was conducted at a constant engine velocity $n = 1600 \text{ r.p.m.}$, and at a constant engine torque $T = 80 \text{ Nm}$. The following parameters were also fixed: static injection timing of main fuel dose (27° BTDC), start angle of fuel post-injection ($\alpha = 100^\circ \text{ ATDC}$), the main fuel dose $q_1 = 76 \text{ mm}^3/\text{cycle}$, and the additional fuel dose $q_2 = 20 \text{ mm}^3/\text{cycle}$. The test stand was equipped with an exhaust gas cooler to adjust the temperature of exhaust gas before the converter in the range of 260 to 460°C .

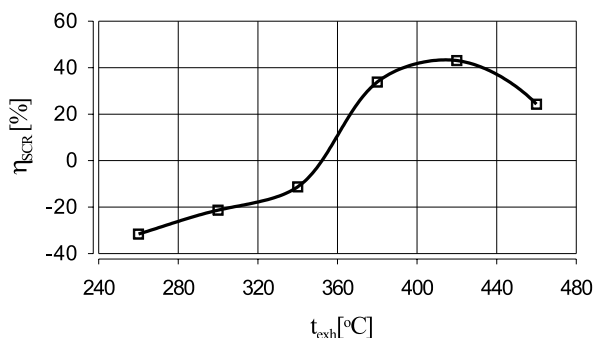


Fig. 10. The influence of exhaust gas temperature before the converter on the efficiency of NO_x catalytic reduction in a Cu/ZSM-5 converter

Fig. 10 shows that the converter used in the investigation featured the highest catalytic activity in terms of NO_x reduction at exhaust temperatures approximately between 380°C and 460°C , providing the highest NO_x reduction efficiency ranging from 25% to 44%. At temperatures between 260°C and 360°C , however, the efficiency of NO_x reduction in the converter was negative, which means that the converter lost its catalytic function in the NO_x reduction process and became an NO_x "generator". This was caused by reactions opposite to the NO_x reduction, intensified at lower exhaust gas temperature. Nitrogen oxides were produced mainly from diesel fuel constituents containing nitrogen (additives aug-

menting the cetane number) and from radicals such as, for example, $\text{CH}_2^\bullet$, $\text{CNO}^\bullet$, $\text{HCN}^\bullet$.

4.5. The influence of diesel fuel group composition

Three diesel fuel grades differing in chemical composition were analysed. The properties of the fuels are collected in Table 1. Three main groups of hydrocarbons were distinguished in the diesel fuel: aromatic hydrocarbons, ethylenic hydrocarbons (olefins), and saturated hydrocarbons (paraffins and naphthenes).

An investigation of the influence of diesel fuel group composition on the NO_x reduction in the exhaust gas was conducted at a constant engine velocity $n = 1600 \text{ r.p.m.}$ and a constant torque $T = 60 \text{ Nm}$. The main fuel dose $q_1 = 60 \text{ mm}^3/\text{cycle}$, the post-injection fuel dose $q_2 = 20 \text{ mm}^3/\text{cycle}$, the static injection timing of main fuel dose was 27° BTDC , and the start angle of fuel post-injection $\alpha = 100^\circ \text{ ATDC}$.

Fig. 11 shows percentages of these hydrocarbons in the fuels used. The highest value of the total efficiency of NO_x reduction $\eta_C = 54\%$ was obtained for fuel "3", and the lowest value (48%) was obtained for fuel "1" (Fig. 12). The reason was a high NO_x reduction efficiency achieved in the converter for fuel "3" due to NO_x selective catalytic reduction, as shown in Fig. 13.

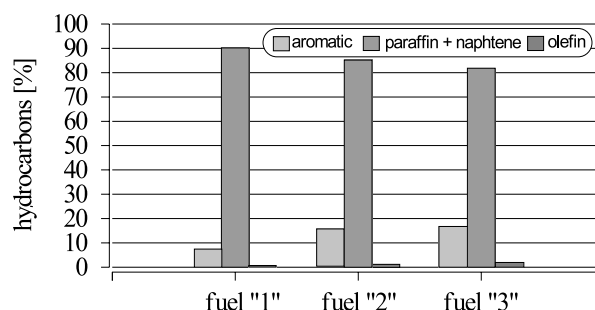


Fig. 11. Contents of hydrocarbon groups in the fuels used

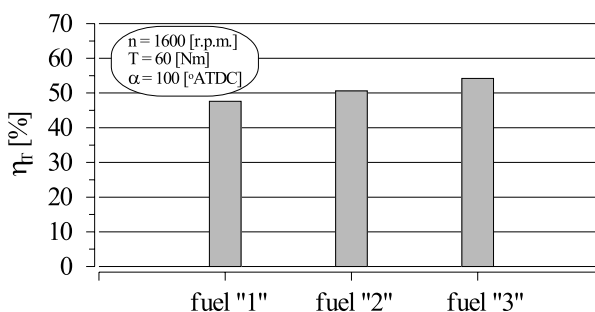


Fig. 12. The influence of diesel fuel type on the total efficiency of NO_x reduction

The highest efficiency of NO_x reduction in the catalytic converter $\eta_{\text{SCR}} = 42\%$ was obtained for fuel "3" (Fig. 13).

Table 1

	Parameter	Unit	Fuel		
			"1"	"2"	"3"
1.	Composition: aromatic hydrocarbons (arenes) ethylenic hydrocarbons (olefins) saturated hydrocarbons (paraffins + naphtenes)	[% vol.]	8.75 1.08 90.17	13.64 1.19 85.17	16.23 1.96 81.81
2.	Aromatic hydrocarbons	[% mass]	9.85	14.96	17.68
3.	Average molecular weight		254	189	214
4.	Structural composition: Carbon content of: aromatic structures C_A naphtene structures C_N paraffin structures C_P	[%]	5.63 33.21 61.16	11.20 24.93 63.87	12.34 25.26 62.40
	contents of rings in an average molecule: total P aromatic hydrocarbons P_A naphtene hydrocarbons P_N		1.24 0.17 1.07	0.86 0.26 0.60	1.01 0.32 0.69
5.	Density at 20 °C	[kg/m ³]	0.837	0.8165	0.8305
6.	Sulphur content	[% mass]	< 0.001	< 0.001	0.07
7.	Normal distillation: Start of distillation:	[°C]			
	5		140	85	111
	10		190	120	155
	20		224	149	179
	30		250	176	202
	40		268	194	220
	50		282	210	239
	60		297	228	257
	70		309	249	273
	80		320	273	294
	90		331	296	314
	95		350	330	337
	97		356	355	359
	97		359	370	367
8.	Mass balance of distillation process: distillation below 250 °C distillation 250 - 300 °C distillation 300 - 350 °C distillation residue distillation losses	[% mass]	13.11 31.73 35.77 19.29 0.1	51.6 22.3 20.5 5.4 0.2	39.3 24.6 24.1 11.9 0.1
9.	Cetane number		58.078	47.713	50.151

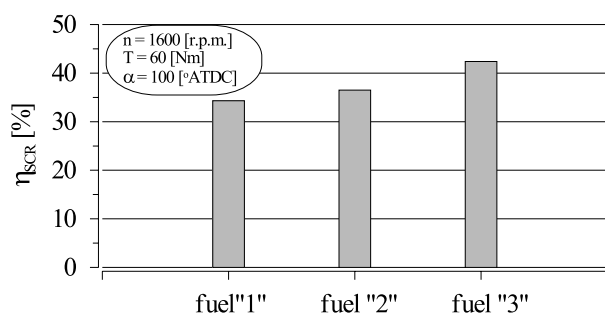


Fig. 13. The influence of diesel fuel type on the efficiency of NO_x reduction in a catalytic converter

The η_{SCR} was 34% and 36% for fuels "1" and "2" respectively. Taking into account the properties of fuels collected in Tables 1, it may be concluded that the efficiency of selective catalytic reduction of nitrogen oxides in the catalytic converter depends on the aromatic hydrocarbon content of the fuel used. This is caused by the fact that aromatic hydrocarbons feature better selective properties in the NO_x reduction process taking place in the converter used in the experiment than other hydrocarbons contained in diesel fuel. Such dependencies are also described in the literature on the subject discussed [6, 11, 14]. For example, according to [6], hydrocarbon groups can be ordered according to their selectivity as follows: arenes > olefins > paraffins, while according to [14] the order is: arenes > olefins > n-paraffins > aldehydes. This explains why the η_{SCR} was the lowest for fuel "1" containing 9.85% of aro-

matic hydrocarbons by weight (the lowest content), and the highest for fuel "3" containing 17.68% of aromatic hydrocarbons by weight (the highest content).

5. Conclusions

It has been found that, as a result of fuel post-injection in the engine cylinder, nitrogen oxides are reduced not only in the catalytic converter, but also in the exhaust manifold between the cylinder and the converter. Two methods of NO_x reductions were isolated: the SNR process (Selective Non-Catalytic Reduction) taking place outside the converter, and the SCR process (Selective Catalytic Reduction) in the catalytic converter. To evaluate the effects of NO_x reductions, several definitions of various NO_x reduction efficiency measures have been introduced. The main conclusions drawn from the experiments are as follows:

1. The results indicate that the total efficiency of the NO_x reduction depended mainly on the efficiency of Selective Non-Catalytic Reduction (SNR). The additional fuel dose volume, engine speed and engine load were influential factors. Better effects were observed at lower engine speeds.
2. The influence of the fuel post-injection angle on the NO_x reduction efficiency was the strongest when the additional fuel dose was injected close to the TDC. In such a case better effects were obtained from the SNR process, but with a negative effect in the converter. As a result, the total effect of the reduction practically did not depend on the fuel post-injection angle. Injection of the additional portion of fuel too close to the TDC is, however, not allowed because of the possible auto-ignition of diesel fuel. This would lead to a rapid increase in the exhaust gas temperature and possible damage to the converter. In view of the above, and considering also an effective

use of the reducing agent (which has an effect on diesel fuel consumption), it would be more advantageous to inject the additional fuel dose at crank angles between 120 and 160 ° ATDC. These values do not have to be the optimum values for different operating conditions of the engine (engine load and engine speed), and for other engines.

3. The tests conducted at two different engine speeds and constant engine load showed that the influence of the additional fuel dose volume, and the HC₁/NO_x ratio before the converter, on the efficiency of NO_x reduction in the catalytic converter η_{SCR} is rather small. This influence could be, however, more visible in different operating conditions of the test engine. The results obtained from the study justify the conclusion that there is a need for further research into a catalytic system which would feature higher activity and better selectivity, and could be used in the converter. Some parameters, such as the reaction time, may be also optimized by adjusting the volume of the converter to the volume and rate of flow.
4. A strong influence of the space velocity of exhaust gas flowing through the converter on the efficiency of selective catalytic reduction of nitrogen oxides taking place inside the converter was found. By reducing this velocity, the efficiency of NO_x catalytic reduction was raised.
5. In order to optimize the efficiency of NO_x reduction, the temperature of exhaust gas before the converter should be maintained in a strictly defined range.
6. The influence of fuel composition on the efficiency of selective non-catalytic reduction of nitrogen oxides turned out to be rather low. However, a stronger influence of fuel type on the efficiency of catalytic reduction taking place in the converter was observed. It was determined that fuels containing more aromatic hydrocarbons provide better opportunities in terms of the effectiveness of selective catalytic reduction of nitrogen oxides.

References

- [1] BOEHMAN A. L.: *Numerical Modeling of NO Reduction Over Cu-ZSM-5 Under Lean Conditions*. SAE Transactions 1997, nr 930735, pp. 11-17.
- [2] CENTI G., GALLI A.: *Mono and Polynuclear Cu Species in ZSM-5. Nature and Reactivity in the Reduction of NO in the Presence of Various Reductants*. 12 th International Zeolite Conference. 1999 Materials Research Society, s. 1359-1366.
- [3] CISEK J., SZLACHTA Z., WCISŁO G.: *Ograniczenie emisji tlenków azotu w spalinach silnika wysokoprężnego przez zmniejszenie ich powstawania w komorze spalania*. Problemy Eksploatacji, 1999, nr 3, s. 9-21.
- [4] CISEK J., SZLACHTA Z., WCISŁO G.: *Ograniczenie emisji tlenków azotu w spalinach silnika wysokoprężnego za pomocą konwerterów katalitycznych*. Problemy Eksploatacji, 1999, nr 3, s. 23-33.
- [5] DARKOWSKI A., KRUCZYŃSKI S.: *Badania nad katalityczną redukcją NO_x w spalinach silników o zapłonie samoczynnym*. Chemia i Inżynieria Ekologiczna, nr 5-6, 1998, s. 397-403.
- [6] ENGLER B.H., LEYRER J., LOX E. S., OSTGATHE K.: *Catalytic Reduction of NO_x with Hydrocarbons Under Lean Diesel Exhaust Gas Conditions*. SAE Transactions, 1993, nr 930735, s. 535-561.
- [7] DARKOWSKI A., KRUCZYŃSKI S.: *Badania selektywnej katalitycznej redukcji tlenków azotu na katalizatorach opartych o metale szlachetne*. KONES'98, s. 92-97.
- [8] HAMADA H.: *Selective reduction of NO by hydrocarbons and oxygenated hydrocarbons over metal oxide catalysts*. Catal. Today, 1994, 22, 21.
- [9] HAVENITH C., VERBEEK R. P., HEATON D. M., SLOTEN P.: *Development of a Urea DeNO_x Catalyst Concept for European Ultra-Low Emission Heavy-Duty Diesel Engines*. SAE Transactions, 1995, nr 952652, s. 675-684.

- [10] HEIMRICH M. J.: *Demonstration of Lean NO_x Catalytic Converters Technology on a Heavy-Duty Diesel Engines*. SAE Transactions, 1997, nr 970750, s. 232-292.
- [11] IWAMOTO M., YAHIRO H.: *Novel catalytic decomposition and reduction of NO*. Catalysis Today, 1994, nr. 22, s. 5.
- [12] KONNO M., CHIKAHISA T., MURAYAMA T., IWAMOTO M.: *Catalytic Reduction of NO_x in Actual Diesel Engine Exhaust*. SAE Transactions, 1992, nr 920091, 11-18.
- [13] KÖNIG A., RICHTER T., JOBSON E., PREIS M., LEVERONI E., KRUTZSCH B., NOIROT R., CHEVRIER M.: *Lean NO_x Ergebnisse eines europäischen Forschungsvorhabens zur katalytischen Stickoxidumsetzung in magerem Abgas*. 17-Wiener Motoren Symposium 1996, s.354-369.
- [14] LEYERER J., LOX E. S., STREHLAU W.: *Design Aspects of Lean NO_x Catalysts for Gasoline and Diesel Engine Applications*. SAE Transactions, 1995, nr 952495, 1622-1643.
- [15] NAJBAR W., BIAŁAS A.: *Katalityczna konwersja tlenków azotu do azotu*. Ogólnopolskie Seminarium dot. Katalitycznej Dezaktywacji Tlenków Azotu. Rabka 1994, s. 25-34
- [16] PISCHINGER F. F.: *Tendencje rozwojowe silników o zapłonie samoczynnym do samochodów osobowych*. Biuletyn Instytutu Technologii Nafty w Krakowie, 1996, nr 3/96, s. 32-47.
- [17] PRIGENT M.: *Catalytic Automotive Exhaust Gas Depollution: Present Status and New Trends*. Journée de Contact en Catalyse de la Communauté Française de Belgique: "Catalyse par les métaux" la 7 Décembre 1995, Bruxelles,
- [18] SCHÖPPE D., HOSP W., ZÜRBIG J., METHES W.: *Ein geregeltes Abgasnachbehandlungssystem zur Erfüllung zukünftiger Emissionsgrenzwerte bei PKW-Dieselmotoren*. 17-Wiener Motoren Symposium 1996, s.332-353.
- [19] SZLACHTA Z., WCISŁO G.: *Ograniczanie zawartości tlenków azotu w spalinach silnika wysokoprężnego za pomocą węglowodorów zawartych w paliwie*. Projekt badawczy KBN (promotorski), nr 9 T12D 035 14. Kraków 2001.
- [19] WCISŁO G.: *Istota działania konwerterów katalitycznych używanych do redukcji NO_x w metodzie selektywnej katalitycznej redukcji SCR*. Teka Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji przy Krakowskim Oddziale PAN. Kraków 2000, z.21, s. 237 - 244.
- [20] WCISŁO G., SZLACHTA Z.: *Konwertory katalityczne do redukcji tlenków azotu w spalinach silników wysokoprężnych*. Teka Komisji Naukowo-Problemovej Motoryzacji przy Krakowskim Oddziale PAN. Kraków 2000, z.21, s. 225 - 236.
- [21] ZABŁOCKI M., SZLACHTA Z., CISEK J., WCISŁO G.: *Badania możliwości zmniejszenia koncentracji tlenków azotu w spalinach silnika wysokoprężnego przez selektywną katalityczną redukcję NO_x za pomocą węglowodorów oleju napędowego jako czynnika redukującego*. Projekt badawczy KBN, nr 9 T12D 035 14. Kraków 2000. Sprawozdanie Politechniki Krakowskiej nr 540/KBN/2000.
- [22] WCISŁO G.: *Ograniczanie zawartości tlenków azotu w spalinach silnika wysokoprężnego za pomocą węglowodorów zawartych w paliwie*. Praca doktorska. Kraków 2001.

Oldřich Polách *

O KONŠTRUKCII POJAZDOV S RADIÁLNE NATÁČANÝMI DVOJKOLESIAMI

ON THE DESIGN OF RUNNING GEARS WITH RADIAL STEERING WHEEL SETS

Zníženie hlučnosti koľajových vozidiel môže byť dosiahnuté vhodnou konštrukciou ich podvozkov a pojazdov. Dvojkolesia natáčané do radiálnej polohy zamedzujú pískanie v oblúkoch koľaje. Okrem toho znižujú priečne sily medzi kolesom a koľajnicou aj ich opotrebenie. Konštrukčné zásady pre vývoj vzájomne viazaných, samočinne sa natáčajúcich dvojkolesí sú uvedené na príkladoch podvozkov pre nové článkové vozidlá TEŽ a spojené jednonápravové pojazdy FEBA pre predmestské súpravy NSB Class 72 firmy Bombardier Transportation Winterthur.

Noise reduction of railway vehicles can be reached by suitable design of their bogies and running gears. Radial steering wheel sets avoid curve squeal. Besides they reduce lateral forces between the wheel and rail and their wear. Design principles for the development of inter-connected self-steering wheel sets are introduced on examples of bogies for new articulated vehicles TEŽ and coupled single-axle running gears FEBA for commuter trains NSB Class 72 from Bombardier Transportation Winterthur.

1. Environmental design of bogies and running gears for railway vehicles

The influence of railway vehicles on the environment has to be considered in their design. Noise reduction is an important issue, which can be influenced by the design of bogies and running gears [1]. More than the rolling noise and impact noise on crossings, high level curve squeal in tight curves with a small curve radius annoys people who live in the vicinity of a railway line. Curve squeal is the intense tonal noise caused by wheel vibration when entering the curve [2]. The modelling and calculation of curve squeal noise generation is referenced in [3]. The excitation mechanism essentially generates lateral forces due to frictional instability. It is connected with lateral stick-slip motion between wheel and rail when running through a curve. The lateral creep (slip) s_y is proportional to the angle of attack (Fig. 1)

$$s_y = \frac{u_y}{v} = \frac{v \cdot \tan \alpha}{v} = \tan \alpha \cong \alpha \quad (1)$$

with u_y lateral creep (slip) velocity
 v vehicle speed
 α angle of attack.

Reducing the angle of attack, lateral slip is reduced and the curve squeal can be avoided or at least reduced. Even when a conventional bogie does not squeal in a curve, the wheel-rail noise of a radial steering wheel set is lower than of a conventional one. The measured difference in a curve with 400 m radius reaches 3–4 dB(A) [1]. Wheel sets steered in curve into the radial position not only prevent curve squeal, they also lower track fatigue reducing the

lateral wheel-rail forces and reduce the wear of wheels and rails, which is proportional to the friction work A_R related to one meter of rail length

$$A_R = |X \cdot s_x| + |Y \cdot s_y| + |\Theta \cdot \omega| \quad (2)$$

with X longitudinal force between the wheel and rail
 Y lateral force between the wheel and rail
 $s_x, (s_y)$ longitudinal (lateral) creep in the wheel-rail contact
 Θ moment around the normal axis to the contact plane
 ω spin creep in wheel-rail contact (rotation around the normal axis to the contact plane).

To achieve radial adjustment of wheel sets, passive or active systems can be used. Less expensive passive systems can be divided into

- self-steering wheel sets with soft guidance
- inter-connected wheel sets
- force-steering wheel sets.

The self-steering wheel sets are characterised by soft wheel set guidance between the axle and bogie frame. The steering effect is based on the longitudinal creep forces between the wheel and rail due to differences in the rolling path and rolling radius of the left and right wheel. The steering effect is sensitive to the conditions in the wheel-rail contact. Because of conflicting demands of self-steering and stability, the steering effect of wheel sets with soft guidance as well as maximum speed of vehicle are limited.

Inter-connected wheel sets use the same effect, but increased by the forces and moments in their coupling. They can achieve

* Doc. Ing. Oldřich Polách, PhD.

Bombardier Transportation Ltd, Zürcherstraße 41, CH-8401 Winterthur, Switzerland, oldrich.polach@ch.transport.bombardier.com

higher speed and better steering ability compared with soft guided wheel sets without coupling.

The steering mechanism of force-steering wheel sets uses the movement between the bogie frame and carbody or between two carbodies to adjust the wheel sets. The system is sensitive to the exact geometry of steering mechanism.

Bogies and running gears with radial steering wheel sets reduce maintenance costs caused by wear and track fatigue and meet recommendations for an environmental friendly design. Design principles and construction of self steering inter-connected wheel sets will be introduced on examples of bogies for articulated vehicles GTW and coupled single-axle running gears FEBA of Norwegian commuter trains Class 72 from Bombardier Transportation Winterthur.

2. Bogies with coupled wheel sets

The longitudinal axle guidance of self-steering wheel sets has to be very soft to allow radial adjustment by creep forces in the wheel-rail contact. In spite of this, the transmission of traction and braking forces should not lead to large longitudinal wheel set movement. Besides, a conventional bogie design with soft axle guidance reduces the stability limit significantly.

These contradictions can be solved by the coupling of wheel sets as shown symbolically in Fig. 2. The bending stiffness k_{B2} acts in parallel to the equivalent bending (steering) stiffness k_{B1} of the axle guidance and primary suspension

$$k_{B1} = w_p^2 \cdot k_{px} \quad (3)$$

with k_{px} – longitudinal stiffness of axle guidance and primary suspension (per wheel)

w_p – half distance of axle guidance in lateral direction.

The lateral coupling stiffness k_{S2} acts in parallel to the equivalent shear stiffness k_{S1} of the axle guidance and primary suspension

$$k_{S1} = \frac{k_{B1} \cdot k_{py}}{k_{B1} + b^2 \cdot k_{py}} \quad (4)$$

with k_{py} – lateral stiffness of axle guidance and primary suspension (per wheel)

b – half wheel set base in longitudinal direction.

To achieve good self steering ability together with high stability, the bending stiffness k_{B2} must be very low or zero, but the lateral (shear) coupling must be very stiff. In addition, the transmission of traction and braking forces should be separated and should not influence the steering of the wheel sets.

There are various examples of bogies with self steering wheel sets which are coupled with each other. A steering mechanism with transverse shaft transmitting the longitudinal forces between the wheel sets and bogie frame [4], [5] is implemented in loco-

motives Re 460 of the Swiss Federal Railways (SBB) for maximum speed of 230 km/h. An application of a similar mechanism in newly developed modular locomotive bogies is described in [6].

In Slovakia, coupled self-steering wheel sets are used in the new vehicles series 425.95 (Fig. 3) on TEŽ metre-gauge line in the High Tatras. The articulated vehicles are produced by ŽOS Vrútky in co-operation with the Swiss manufacturer Stadler and Bombardier Transportation works in Switzerland. The bogies are delivered by Bombardier Transportation Winterthur. This type of vehicle called GTW was first produced by Stadler in 1995. The GTW vehicles with the bogies from Bombardier Transportation [7], [8], [9] are now in service in Germany, USA, Switzerland and Slovakia on standard and narrow gauge lines.

The trailer bogies (Fig 4a) are particularly suited to extreme track distortion because their torsionally elastic bogie frame means lower wheel unloading. The braking forces are transmitted by a traction rod which connects the wheel set directly with carbody without acting on the primary suspension. Two secondary air springs and lateral and longitudinal dampers ensure a quiet ride comfort. The lateral coupling of wheel sets by axle-hung supports results in their good radial alignment with less wear of wheel as well as smooth negotiation of narrow curves without squeal. The traction running gear (Fig. 4b) is especially designed to fit short traction modules of articulated vehicles like the GTW. The innovative lightweight construction allows eliminating bogie frame. The body of traction unit is suspended by helical springs directly on the axle boxes. Two axle-hung motor gear units, suspended from the carbody, are connected by lateral coupling. In this way the lateral coupling of wheel sets is realised and its self-steering ability improved similar as on the trailer bogie. A traction rod between the motor gear unit and the body of the traction unit transfers the tractive and braking forces.

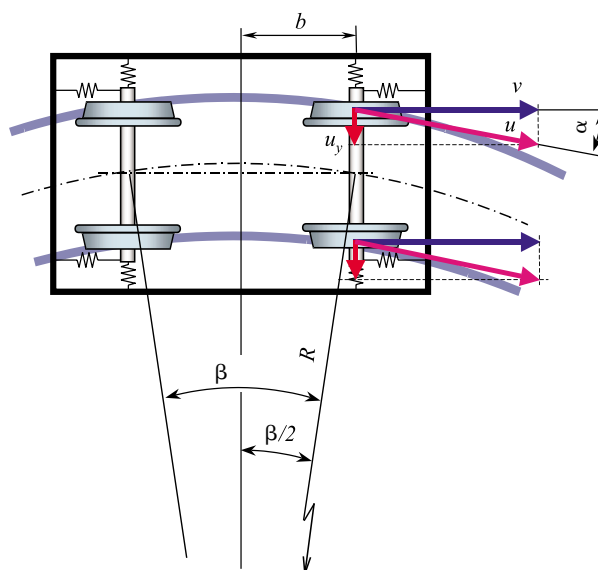


Fig. 1 Bogie with stiff axle guidance in a curve

Radial adjustment of GTW wheel sets in curves was proven by measurement of steering angle β between the wheel sets of the trailer bogie. The ideal steering angle can easily be calculated from the curve radius and bogie geometry (assuming a tangential bogie position, Fig. 1) as

$$\beta = 2 \cdot \alpha = \frac{2 \cdot b}{R}$$

with R – curve radius.

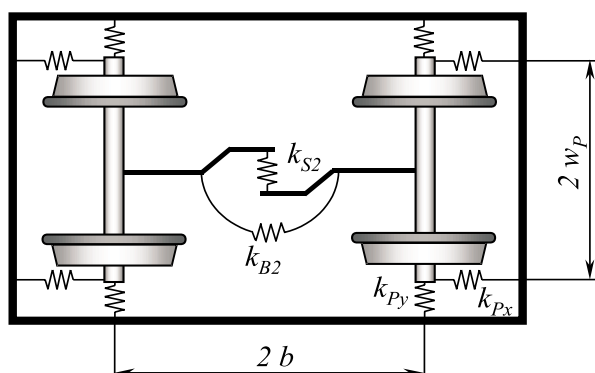


Fig. 2 Bogie with inter-connected wheelsets

angle comes to the ideal steering angle, the better the wheel sets align themselves. The measurements statistically confirm a good radial alignment of the wheel sets. The slope of the regression line of all measured points for the curve range between the radius of 100 m and infinite (straight line) reaches 70% of the ideal value compared with rigid axle guidance bogies.

3. Coupled single-axle running gears

The coupled single-axle running gears called FEBA have been developed by Bombardier Winterthur as a modern solution for regional service. They were chosen by the Norwegian State Railways for the new electrical units Class 72 (Fig. 6). The four-part commuter train with a top speed of 160 km/h was built by a consortium of ANSALDOBREDA (Italy) and Bombardier Transportation Winterthur. The coupled single-axle running gears FEBA are used similarly to Jakob-bogies of articulated vehicles. Two each running gears are coupled beneath the coach ends of the centre coach. On the ends of the composition, motor bogies enabling radial steering of the wheel sets by way of soft wheel set guidance are used.

The coupled single-axle running gears ideally unite the characteristics of bogie and single-axle. They can be utilised independent of the type of carbody coupling. In difference to Jakob-bogies, easy

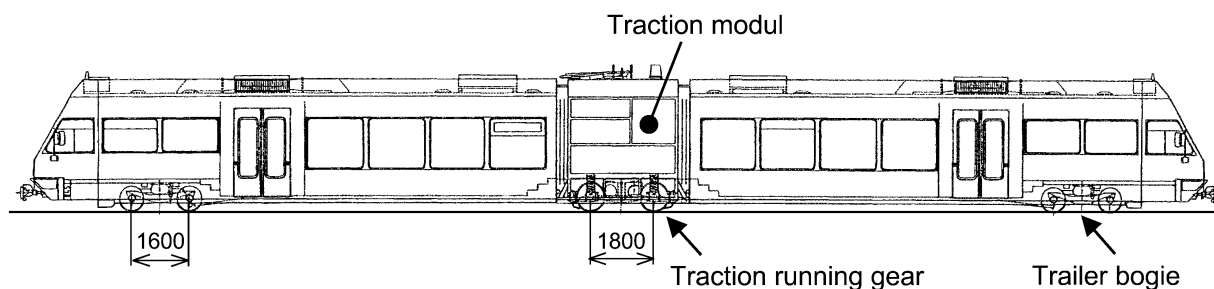


Fig. 3 Vehicle GTW (from German "Gelenktriebwagen") TEŽ series 425.95 (drawing Stadler)

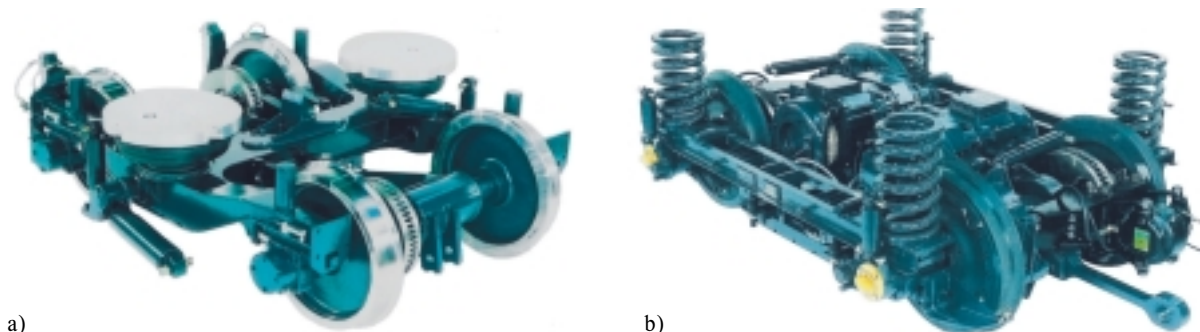


Fig. 4 Bogies of GTW-vehicles: trailer bogie (a) and traction running gear (b)

Values of steering angle measured on GTW-vehicles of metre-gauge Swiss private railways BTI [8] are shown in Fig. 5. The measured vehicles have the same design and similar running conditions as the vehicles TEŽ 425.95. The closer the measured steering

and fast uncoupling of the individual cars for maintenance purposes is still guaranteed without the necessity of auxiliary bogies.

The design of the running gears is based on components already extensively tried and utilised in railway vehicles (Fig. 7). The

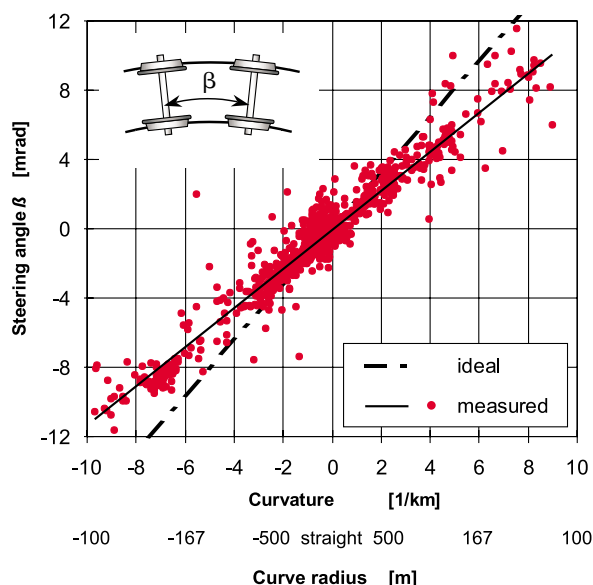


Fig. 5 Measured steering angles between the wheelsets of the metre-gauge GTW trailer bogie on BTI-line in Switzerland

carbody, and also support it against pitching. The vertical, lateral and longitudinal dampers ensure quiet running behaviour.

The technical principle of the coupling of single-axle running gears is shown in Fig. 8. The running gears are coupled by way of two horizontal parallel-aligned traverse rods, so that the single running gears can move towards each other in a longitudinal and vertical direction. The yaw stiffness $k_{\varphi z}$ of the running gears coupling around the vertical axis is determined by the radial stiffness of the spherical rubber elements k_{rad} and by the longitudinal distance l of the coupling rods

$$k_{\varphi z} = \frac{l^2}{4} \cdot k_{rad} \quad (5)$$

The lateral stiffness k_y of the running gears coupling is

$$k_y = k_{rad} \quad (6)$$

Apart from the important parameters given in the equations (5) and (6), the torsional stiffness of the spherical rubber element and the flexibility of the frames of both running gears should be taken into account in the exact layout of the yaw stiffness and the lateral stiffness of the running gears coupling.

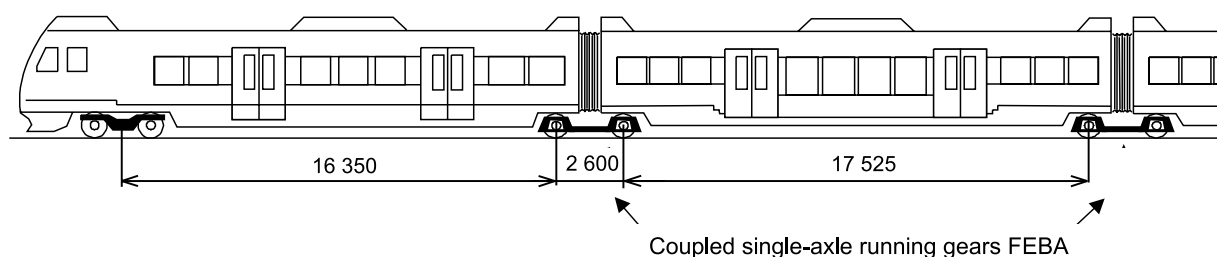


Fig. 6 A half of the four-part commuter train Class 72 of Norwegian Railways

primary suspension is constituted by rubber Chevron springs. Air springs with an auxiliary air volume serve as the secondary suspension. The braking force transmission is realised by two traction rods (Fig. 9), which couple each running gear longitudinally on its



Fig. 7 The serial single-axle running gear of NSB commuter train Class 72

The coupling of the running gears enables optimum running behaviour during curving and increases the running stability [10]. In comparison with a Jakob-bogie, both running gears demonstrate a high torsional flexibility towards each other, providing better safety against derailment on bad track quality.

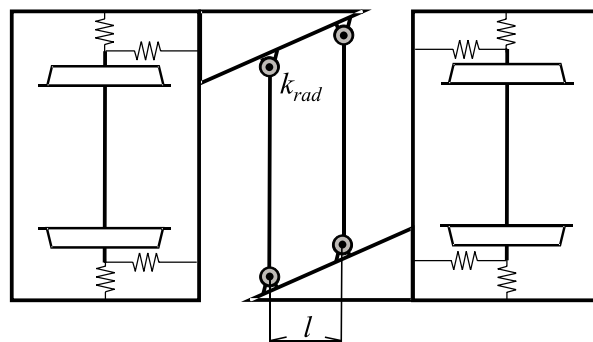


Fig. 8 Principle of the single-axle running gears coupling using two parallel lateral rods

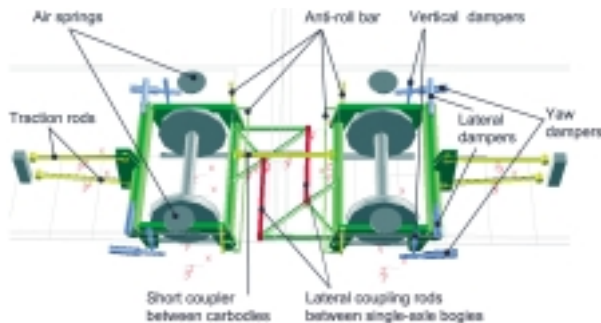


Fig. 9 Simulation model of coupled single-axe running gears
FEBA in SIMPACK

Through the coupling of the single-axe running gears, a combination of force-steering and inter-connected steering of the wheel sets is achieved. Due to yawing of the running gear versus the carbody during curving the longitudinal stiffness of the secondary suspension acts in one direction, the yaw stiffness of the coupling $k_{\varphi z}$ in the opposite direction. The single-axe running gear balances itself out in a position which lies between the stiff steered wheel set of a two-axe-vehicle and the wheel set of a Jakob-bogie with rigid axle guidance. If a sufficiently soft yaw stiffness of the running gear coupling is chosen, the wheel sets possess additional freedom to steer themselves even better in the radial position through the effect of the longitudinal creep forces between wheel and rail. Fig. 10 illustrates the forces and moments acting on the single-axe running gear. The longitudinal stiffness of the primary suspension is assumed as being very high (approx. rigid). Let us assume that the wheel set is in a radial position and no creep forces are influencing the wheels in a longitudinal direction. Without the effect of the forces between wheel and rail, the wheel set would remain

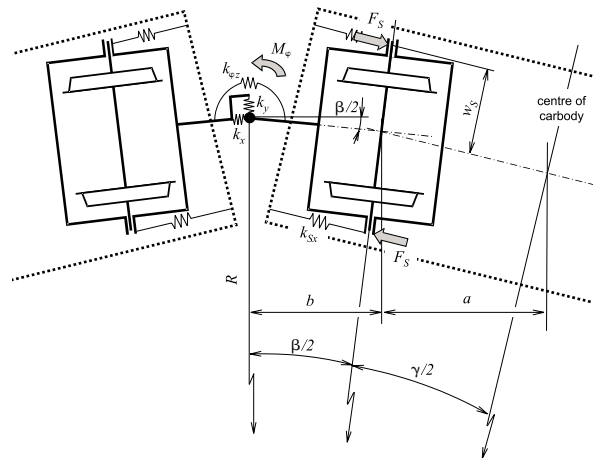


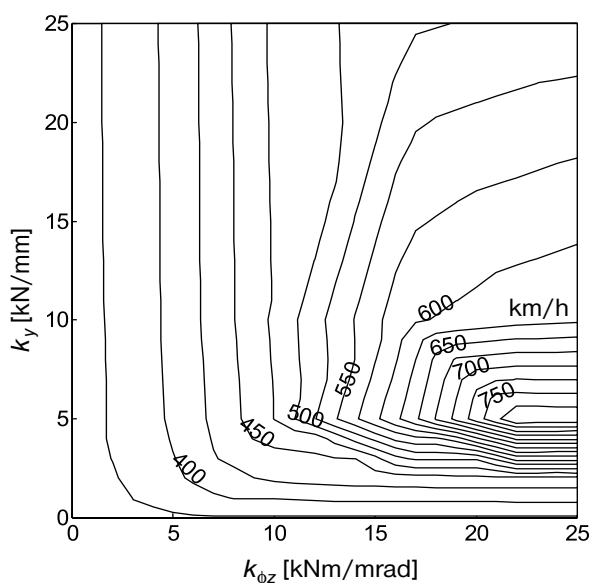
Fig. 10 Forces and moments acting on the coupled single-axe
running gears during curving

in the radial position if the effective moments in the secondary suspension and in the coupling M_φ are balanced out

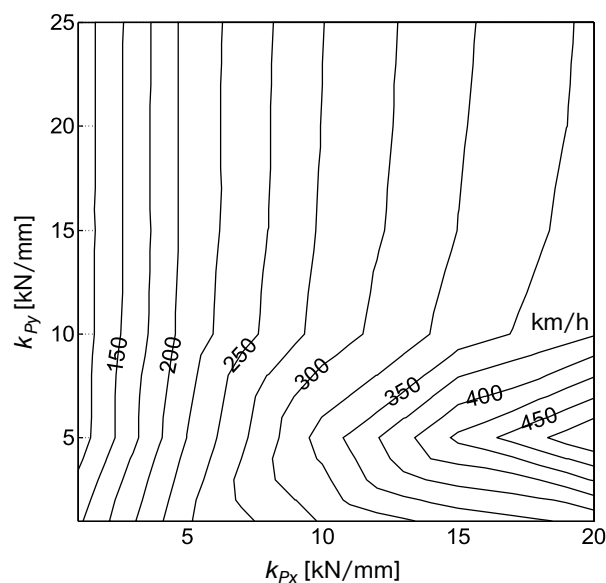
$$M_\varphi = 2 \cdot F_S \cdot w_S \quad (7)$$

with F_S – longitudinal force in secondary suspension
 w_S – half lateral distance of secondary suspension.

If the secondary suspension is of symmetrical design, the longitudinal stiffness resembles the lateral stiffness, whereby the lateral stiffness is determined as a result of running comfort optimisation. For the given longitudinal and lateral stiffness, we can determine from equation (7) the optimum yaw stiffness of the running gear coupling from the curving point of view



a)



b)

Fig. 11 Influence of the coupling of single-axe running gears (a) and their primary axle guidance stiffness (b) on the critical speed

$$k_{\varphi z \text{ Opt}} = \frac{a}{2 \cdot b} \cdot w_s^2 \cdot k_{sx} \quad (8)$$

with k_{sx} – longitudinal stiffness of secondary suspension.

If the equation (8) is fulfilled, the single-axle running gears will be radially steered during curving by the forces in the secondary suspension and in the wheel set coupling.

The coupling of the single-axle running gears increases the running stability too. The influence of primary suspension and of running gears coupling was investigated by parameter analysis on a half train simulation model (Fig. 9). The analysis results are represented with stability contour plots for a residual damping $D = 0\%$ at a conicity of 0.4 (upper conicity limit for the testing and acceptance of the vehicle according to UIC-518 for a maximum speed between 140 and 200 km/h), see Fig. 11. The stability increases with the gaining of yaw stiffness $k_{\varphi z}$ and the lateral stiffness k_y of the running gear coupling. In order to achieve a radially steering design, the yaw stiffness $k_{\varphi z}$ should be in the vicinity of the value according equation (8), therefore relatively low. Under this condition the stability can only be increased changing the lateral coupling stiffness k_y . In the primary suspension, a more important role is played by the longitudinal stiffness k_{px} of the axle guidance. The lateral stiffness k_{py} has a subordinate role.

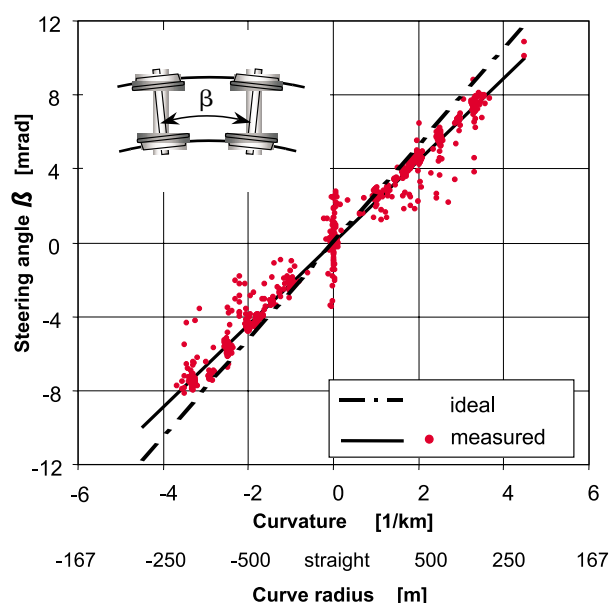


Fig. 12 Measured values of steering angle between the wheelsets of coupled single-axle running gears in comparison with calculated ideal value

The theoretical analyses carried out determine the design philosophy of the coupled single-axle running gears. The stiffness of the secondary suspension $k_{sx} = k_{sy}$, defined by running comfort properties, can be used for calculating the yaw stiffness $k_{\varphi z}$ of the

running gears coupling required in respect to curving according equation (8). Looking on the coupling of running gears, an increase of the critical speed can be achieved by increasing the lateral stiffness of the coupling k_y . An increase of the yaw stiffness $k_{\varphi z}$ would improve stability as well, but the value of $k_{\varphi z}$ is limited by the curving properties as already mentioned. The longitudinal axle guidance and primary stiffness k_{px} , should be stiff. The lateral axle guidance and primary stiffness k_{py} can be relatively soft to reduce the lateral dynamic forces between wheel and rail.

Prior to series application of the coupled single-axle running gears FEBA, two prototype running gears were subjected to extensive tests [11], [12]. The test runs have completely confirmed the anticipated running characteristics. The capability of the running gears to steer themselves radially in a curve was judged by measuring the steering angle (Fig. 12) between the wheel sets of the coupled running gears. The measurements confirmed almost ideal radial steering ability in curves with radii between 300 m and 500 m. The slope of the regression line reaches 84% of the ideal value. Subsequently, the wheel-rail forces are low as described in [12]. The vehicle type tests in autumn 2000 and summer 2001 demonstrated the fulfilment of the anticipated design results and the compliance with the limit values.

4. Conclusion

Bogies and running gears with radial steering wheel sets reduce maintenance costs caused by wear and track fatigue and meet recommendations for environment friendly design. To achieve steering ability of a two-axle bogie, the longitudinal guidance between the axle and bogie frame have to be soft. A lateral coupling between the wheel sets increases the stability and improves the curving properties of soft guided wheel sets. Traction and braking forces between the axle and bogie frame have to by-pass the axle guidance to avoid a negative influence on the self-steering effect. The principles mentioned were used by Bombardier Transportation Winterthur when developing the bogies for articulated GTW-vehicles. In Slovakia, these bogies are used in the new vehicles TEŽ series 425.95.

The coupled single-axle running gears FEBA developed by Bombardier Transportation Winterthur for the four-part commuter trains Class 72 of the Norwegian State Railways ideally unite the characteristics of bogie and single-axle. Through the coupling of the single-axle running gears, a combination of force-steering and inter-connected steering of the wheel sets is achieved with almost ideal radial steering ability in curves with radii between 300 m and 500 m. They can be utilised similarly to Jakob-bogies of articulated vehicles, but in contradiction to them they are independent of the type of carbody coupling and guaranty a fast uncoupling of the individual cars for maintenance purposes.

Bogies and running gears with radial steering wheel sets clearly surpass the conventional design solutions, particularly on track with a high number of curves.

References

- [1] POLÁCH, O.: *Železnice a hluk - stav, perspektivy, možnosti*. In.: Proceedings „Člověk a doprava“, Loučeň u Nymburka 1993, part 2, pp. 91-104
- [2] HECHT, M.: *Kurvenkreischen - Ursachen und Gegenmassnahmen*. Schweizer Eisenbahn-Revue, No. 3/1995, pp. 103-108
- [3] THOMPSON, D. J.; JONES, C. J. C.: *A review of modelling of wheel-rail noise generation*. Journal of Sound and Vibration (2000), No. 3, pp. 519-536
- [4] POLÁCH, O.: *Lok 2000 aneb vysoké rychlosti na švýcarský způsob*. In.: Proceedings „železniční vozidla“, Loučeň u Nymburka 1992, part 2, pp. 111-115
- [5] POLÁCH, O.: *Švýcarská lokomotiva SBB 460*. Železnice, No. 5/1993, pp. 16-17
- [6] POLÁCH, O.: *Optimierung moderner Lok-Drehgestelle durch fahrdynamische Systemanalyse*. Eisenbahningenieur (53), No. 7/2002, pp. 50-57
- [7] POLÁCH, O.: *Pojezdy a kolejová vozidla firmy SLM pro atraktivní regionální dopravu*. In: Proceedings of the 13th International Conference Current Problems in Rail Vehicles, Česká Třebová 1997, pp. 41-51
- [8] MEIER, B.; POLÁCH, O.; GROSSENBACHER, Th.: *Leichtbau-Fahrwerke für den Regionalverkehr*. Schweizer Eisenbahn-Revue, No. 7-8/1998, pp. 306-312, Eisenbahn-Revue International, No. 7-8/1998, pp. 306-312
- [9] MEIER, B.; POLÁCH, O.: *Erfahrungen mit Leichtbau-Fahrwerken für den Regionalverkehr*. In: Proceedings of the 4th International Conference on Railway Bogies and Running Gears, Budapest 1998, pp. 37-46
- [10] POLÁCH, O.: *Coupled single-axle running gears - a new radial steering design*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F, Journal of Rail and Rapid Transit, 216 (2002), No. F3, pp. 197-206
- [11] POLÁCH, O.; MEIER, B.: *Erprobung der Einzelachsfahrwerke FEBA*. In: Proceedings of the 14th International Conference Current Problems in Rail Vehicles, Žilina 1999, Vol. 2, pp. 67-74
- [12] POLÁCH, O., KRAFT, D.: *Gekoppelte Einzelachsfahrwerke FEBA mit Radialeinstellung erfolgreich erprobt*. Eisenbahn-Revue International, 1999, No. 10, pp. 424-429

Juraj Gerlici – Tomáš Lack *

ANALÝZA GEOMETRIE ŽELEZNIČNEJ KOĽAJE (Z POHLADU JEJ OPOTREBENIA V PREVÁDZKE)

RAIL GEOMETRY ANALYSIS (FROM THE POINT OF VIEW OF WEARING IN THE OPERATION)

Analýza železničnej koľaje z pohľadu jej opotrebenia v prevádzke je otázkou súčasnej praxe prevádzky koľajových vozidiel. Dôsledky negatívneho pôsobenia sa odrážajú aj na stave životného prostredia. Na hodnotenie miery vplyvu sa používajú rôzne metódy. Opotrebenie železničnej trate je možné hodnotiť rôznym spôsobom. Jednou z metód je vyhodnocovanie geometrických charakteristík kontaktu kolesa a koľajnice. Dôležité informácie o prevádzkovom stave železničnej trate sú Delta R funkcia, Tangens Gama funkcia, efektívna kuželovitost', ekvivalentná kuželovitost', profil koľajnice pri analýze opotrebenia na základe rozdielu polohy reálnej a teoretickej geometrie.

Základ pre ďalšie hodnotenie stavu trate je vyhodnotenie polohy jednotlivých profilov kolesa a koľajnice a ich spoločné zobrazenie na železničnej trati. Kvalitatívne nedostatočný reálny stav trate je dôvodom pre potrebnú údržbu trate a zlepšenie kvality geometrie koľaje.

Kľúčové slová: kontakt železničného kolesa s koľajnicou, opotrebenie koľaje, geometrické charakteristiky koľaje, Delta R funkcia, Tangens Gama funkcia, efektívna kuželovitost', ekvivalentná kuželovitost'.

1. Úvod

Koľajová doprava je neoddeliteľnou súčasťou nášho bežného života. Je významným faktorom v oblasti hromadnej dopravy cestujúcich a prepravy nákladov. Popri nesporne pozitívnych javoch ktoré prináša prevádzka vozidiel, hlavne v oblasti ekonomickej, prispieva svojím dielom aj na stav životného prostredia.

V tomto článku zameriame svoju pozornosť na oblasť potenciálneho zdroja hluku, vibrácií, opotrebenia kolies a koľajníc, ako aj negatívneho vplyvu na jazdný komfort cestujúcich, pôsobisko kontaktu železničného kolesa s koľajnicou.

2. Základné pojmy

Geometrická os koľaje je spojnica bodov nachádzajúcich sa uprostred vzdialenosti medzi protíľahlými bodmi pojazdných hrán v rovine priečného rezu. Pojazdná hrana koľajnicového pásu je spojnica bodov ležiacich na vnútornej časti hlavy koľajnice, 14 mm

Rail geometry analysis is, from the point of view of wearing in the operation, the question of present railway vehicles operation practice. The sequels of negative influence are reflected on the environment state. For the influence rate assessment various methods are used. The wearing state of rail road track is possible to assess in different manners. One of them is the assessment of geometric contact of railway wheel and rail profile. The significant information on the rail track operation state are Delta R function, Tangens Gamma function, effective conicity equivalent conicity, rail profile in the track wear analysis on the ground of real and theoretic rail profile geometry position difference.

The fundament for another rail state assessment is the single wheel/rail profiles position assessment and common displaying in the railroad track. The poor real track quality state is the reason for necessary track maintenance and rail geometry quality improvement.

Key words: railway wheel/rail contact, rail wearing, geometric rail characteristics, Delta R function, Tangens Gamma function, effective conicity, equivalent conicity.

1. Introduction

Rail transport is an inseparable part of our common life. It is the important factor in the area of mass transport of passengers and freight transportation. Simultaneously with the indisputably positive phenomena brought about by railway vehicles operation, mainly in the economy area, it contributes with its own deal to the environment state too.

In this article, we would like to concentrate our interest to the potential source of the noise, vibrations, rail and wheel wearing and negative influence to the ride comfort of the passengers, the centre of the wheel/rail contact.

2. Basic terms

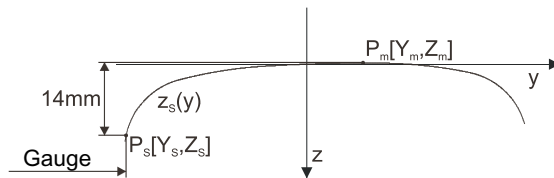
The geometric axis of the rail is the joint of points located in the middle of the distance between opposite points of the movable edge in the area of a diagonal section. The movable edge of the rail is the joint of the points lying in a position on the inner part

* Dr. Ing. Juraj Gerlici, Ing. Tomáš Lack

Faculty of Mechanical Engineering, Department of Railway Vehicles, Engines and Lifting Equipment. University of Žilina, Moyzesova 20. SK-01026 Žilina. E-mail: juraj_gerlici@kvmz.utc.sk, tomas_lack@kvmz.utc.sk

pod temenom koľajnicového pásu. Rovina priečného rezu je zvislá rovina, v pôdoryse kolmá na os koľaje. Temená koľajnicových pásov sú body dotyku spoločnej dotyčnice k horným plochám oboch hláv koľajnicových pásov ležiacich v rovine priečného rezu. Geometrické

usporiadanie koľaje tvorí rozchod koľaje, smerová a výšková poloha koľajnicových pásov a ich sklon v rovine priečného rezu. Rozchod koľaje je vzdialenosť pojazdových hrán koľajnicových pásov meraná v rovine priečného rezu. Pozdĺžna výška koľajnicových pásov je výškový priebeh temien koľajnicových pásov. Smer koľajnicového pásu je priebeh pojazdnej hrany koľajnicového pásu v pôdoryse.



Obr. 1 Profil hlavy koľajnice
Fig. 1 Rail head profile

of the rail head, 14 mm under the crown of the rail head. The diagonal section area is a vertical area in the ground plan orthogonal to the rail axis.

Rail head crowns are contact points of the common tangent line, with the upper surfaces of the rail, lying in the diagonal section area. Geo-

metrical position of the track is created with the gauge of the railways, directive and altitudinal position and their declination in the diagonal section area. The gauge of the railway is the distance of the movable edges of the rails, measured in the diagonal section area. The longitudinal height of the rail is the height course of the rail crowns. Direction of the rail is the course of the movable edge of the rail in the ground area.

3. Profil hlavy železničnej koľajnice

Podľa tvaru plochy obrazca v priečnom reze je možné koľajnice zaradiť do dvoch skupín. Jednu tvoria koľajnice so širokou päťou, používané v prevažnej miere pre železničné trate, druhú koľajnice žliabkové, používané prevažne pri stavbe tratí pre vozidlá mestskej hromadnej dopravy. Najexponovanejšími časťami koľajnice sú hlava a päta. Hlava je zaťažovaná zvislými, priečnymi a pozdĺžnymi silami, ktoré vyvodzujú kolesá vozidla, na päť pôsobia reakčné sily podpôr. Zatiaľ, čo sa päť počas svojej životnosti takmer vôbec neopotrebuje, hlava koľajnice je zaťažovaná a opotrebovaná vo zvislom aj priečnom smere. Koľajnica je opotrebovaná v priečnom smere hlavne v oblúkoch na vonkajších koľajnicových pásoch.

V ďalších úvahách sa budeme zaoberať geometriou a zmenou geometrie hlavy koľajnice so širokou päťou, typu UIC 60.

Zmena ideálnej polohy koľajnicových pásov počas prevádzky vozidiel, nie je na celej dĺžke rovnaká.

V niektorých miestach sa môže modifikácia prejavovať ako úbytok materiálu = opotrebenie, v niektorých prípadoch ako lokálny prírastok. Opotrebenie koľaje sa v niektorých prípadoch vyhodnocuje on-line na reálnej trati pri experimentálnom určovaní geometrickej polohy koľaje. V iných prípadoch sa môže vykonať analýza off-line na základe nameraných a zaznamenaných súborov priečných profilov koľajnic. V oboch prípadoch sa namerané hodnoty profilov v určenom intervale priečnej súradnice porovnávajú s referenčným teoretickým profilom koľajnice. Dôležitým parametrom pre určovanie opotrebenia materiálu koľaje je sklon koľajnicových pásov. Trate európskych železníc sú stavané hlavne so sklonom 1:40. Na tratiach Slovenských železníc sa používa sklon 1:20.

4. Kontaktné body geometrického profilu železničného kolesa a koľajnice

Oblasťou intenzívneho pôsobenia síl spôsobujúcich opotrebenie koľajnic je oblasť kontaktu kolesa a koľajnice.

Prvým krokom vedúcim k identifikácii rozsahu kontaktnej oblasti je analytické určenie kontaktných bodov.

3. Rail head profile

In accordance with the shape area in the diagonal section it is possible to classify the rails to two groups. The first group is created by the rails with wide foot which is used in overwhelming rate for railway track, the second is created with the grooved rails used in overwhelming rate for town mass transport. The head and the foot are maximum force loaded parts of the rail. The head is loaded with vertical, diagonal and longitudinal forces, acting from vehicle wheels to rail heads. The reaction forces of the supports act on the rail foot. Meanwhile the rail foot is not during its life cycle practically worn, the rail head is forced and worn in the vertical and diagonal direction. The rail is worn in the diagonal direction mainly in the curves on outer rails.

Further we will deal with the geometry and change of the foot rail UIC60 geometry.

Change of the ideal position of the rails during vehicles operations is not equal on the whole length. Change can be observed in some places as a material shrinkage = wearing, in some cases as a local material accumulation. Rail wearing is in some cases assessed on-line on the real track with the experimental assessment of the geometrical position of the track. In other cases the off-line analysis on the ground of measured and saved lateral rail profile files can be carried out. The measured values of the profiles will be in all cases determined with the lateral coordinate interval compared with the reference rail profile. The canting of rail is an important parameter for rail material wearing assessment. The tracks of the European railways are built mainly with the canting of rail of 1:40. The canting of rail of 1:20 is used on the Slovak railways.

4. Wheel and rail profile geometry contact points

The forces inducing the rail wearing act intensively in the wheel - rail contact area.

The first step leading to contact area range identification is the analytical contact point assessment.

Kontaktné body budeme hľadať v rovine kolmej na os koľaje posúvaním profilu kolesa po profile koľajnice v horizontálnom smere v rozsahu $+/- 10$ mm.

Vstupné parametre pre určenie kontaktných bodov sú:

- y_R - posunutie dvojkoľesia
- $z_S(y)$ - funkcia profilu koľajnice
- $z_R(y)$ - funkcia profilu kolesa

$$[Y_S(y_R) = y]_{d=\min(d)}_{y \in (koleso \cap koľajnica)}$$

$$Z_S(y_R) = z_S(Y_S)$$

$$T_S(y_R) = z_S'(Y_S)$$

$$Y_R(y_R) = Y_S - y_R$$

$$Z_R(y_R) = z_R(Y_R)$$

$$T_R(y_R) = z_R'(Y_R)$$

$$d_{\min}(y_R) = [d(y, y_R)]_{y=Y_S}$$

$d_{\min}$ - minimálna hodnota funkcie $d(y, y_R)$

Výstupy:

$P_S[Y_S, Z_S, T_S]$ - dotkový bod koľajnice

- Y_S - y-ová súradnica dotkového bodu
- Z_S - z-ová súradnica dotkového bodu
- T_S - smernica dotyčnice v dotkovom bode

$P_R[Y_R, Z_R, T_R]$ - dotkový bod kolesa

- Y_R - y-ová súradnica dotkového bodu
- Z_R - z-ová súradnica dotkového bodu
- T_R - smernica dotyčnice v dotkovom bode

We will search the contact points in a perpendicular plane to the rail axis by the shifting wheel profile over rail profile, in the horizontal direction in the range of $+/- 10$ mm.

The input parameters for the contact points evaluations are:

- y_R - lateral wheelset displacement
- $z_S(y)$ - rail head profile function
- $z_R(y)$ - wheel profile function

$$[Y_S(y_R) = y]_{d=\min(d)}_{y \in (wheel \cap rail)}$$

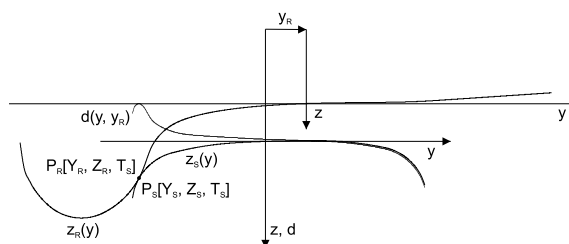
$$Z_S(y_R) = z_S(Y_S)$$

$$T_S(y_R) = z_S'(Y_S)$$

$$Y_R(y_R) = Y_S - y_R$$

$$Z_R(y_R) = z_R(Y_R)$$

$$T_R(y_R) = z_R'(Y_R)$$



Obr. 2 Určenie kontaktného bodu kolesa a koľajnice

Fig. 2 Rail - wheel contact point assessment

$$d_{\min}(y_R) = [d(y, y_R)]_{y=Y_S}$$

$d_{\min}$ - minimum value of the $d(y, y_R)$ function

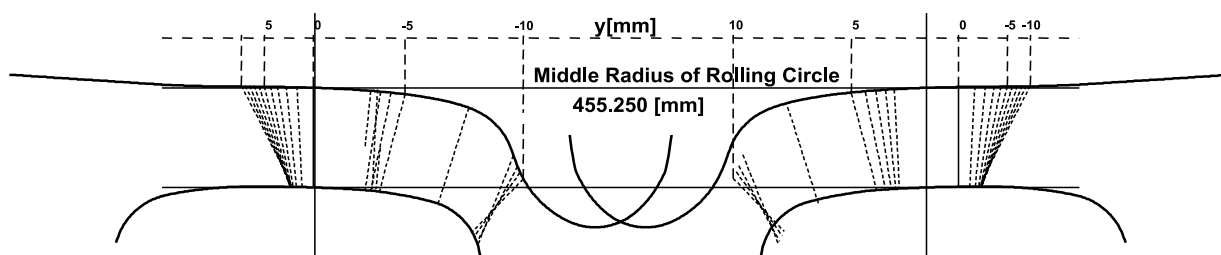
Outputs:

$P_S[Y_S, Z_S, T_S]$ - contact point of the rail

- Y_S - y-coordinate of the contact point
- Z_S - z-coordinate of the contact point
- T_S - tangent slope in the contact point

$P_R[Y_R, Z_R, T_R]$ - contact point of the wheel

- Y_R - y-coordinate of the contact point
- Z_R - z-coordinate of the contact point
- T_R - tangent slope in the contact point



Obr. 3 Dotkové body železničného kolesa a koľajnice

Fig. 3 Railway wheel and rail geometry contact points

5. Geometrické charakteristiky kontaktu kolesa a koľajnice

Na základe zistených reálnych dotkových bodov kolesa a koľajnice, ku ktorým by hypoteticky došlo pri priečnom posúvaní profilu kolesa po profile koľajnice, je možné určiť geometrické charakteristiky.

5. Geometric characteristics of the wheel and rail contact

On the base of found real rail and wheel contact points information, hypothetical contact points can be calculated. The geometric characteristics can be determined as a result of the lateral movement of the wheel profile along the transversal rail head profile.

- Delta R
- Tangens Gama
- efektívna kužeľovitosť
- ekvivalentná kužeľovitosť.

Delta R

Predpokladáme, že sa dvojkolesie môže pohybovať v železničnej koľaji len v smere jazdy vozidla. Os dvojkolesia zvierá s osou koľaje pravý uhol. Tento uhol sa môže odlišovať od hodnoty pravého uhla o hodnotu uhla nábehu. V prípade centrovanej polohy dvojkolesia v koľaji pretína os trate pozdĺžnu os dvojkolesia v stredovom bode. Vzdialenosť od stredového bodu ku ľavému kolesu je taká istá ako vzdialenosť od stredového bodu ku pravému kolesu.

Kolesá (ľavé a pravé) sa valia po trati s tým istým teoretickým polomerom kolies. Pričná vzdialenosť rovín styčných kružníc je $2s = 1500$ mm.

Ak sa dvojkolesie posunie v priečnom smere, vzniká okamžitý rozdiel polomerov valivých kružníc. Parameter rozdielu okamžitých polomerov valivých kružníc pri priečnom posunutí profilu dvojkolesia po profile koľajnice sa označuje ako Delta R.

Vstupné parametre:

S - polovica vzdialenosti valivých kružníc
 R_r - polomer pravého kolesa
 R_l - polomer ľavého kolesa
 $z_{Rr}(y)$ - funkcia profilu pravého kolesa
 $z_{Rl}(y)$ - funkcia profilu ľavého kolesa
 $z_{Sr}(y)$ - funkcia profilu pravej koľajnice
 $z_{Sl}(y)$ - funkcia profilu ľavej koľajnice
 y_{Rmin} - minimálne posunutie dvojkolesia
 y_{Rmax} - maximálne posunutie dvojkolesia
 Δy_R - krok posunutia dvojkolesia pre $y = y_{Rmin}$ až y_{Rmax} s krokom Δy_R

1. Dotykový bod $(y, z_{Sr}, z_{Rr}, P_{Sr}, P_{Rr})$
 - $P_{Sr}[y] = P_{Sr}$
 - $P_{Rr}[y] = P_{Rr}$
2. Dotykový bod $(y, z_{Sl}, z_{Rl}, P_{Sl}, P_{Rl})$
 - $P_{Sl}[y] = P_{Sl}$
 - $P_{Rl}[y] = P_{Rl}$
3. $\Delta R[y] = R_r + Z_{Rr} - (R_l + Z_{Rl})$
4. $T_{gr}[y] = T_{Rr}$
5. $T_{gl}[y] = -T_{Rl}$
6. $T_g[y] = T_{gr}[y] + T_{gl}[y]$

$$Ek[y] = \frac{\Delta R[y]}{2 \cdot y} \text{ pre } y <> 0, Ek[y] = 0 \text{ pre } y = 0$$

Výstupné parametre

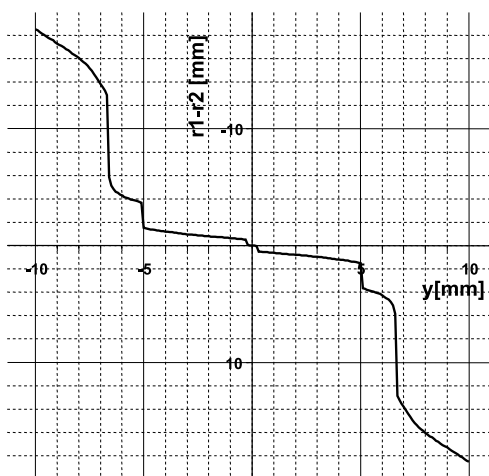
PS_r - vektor dotykových bodov pravej koľajnice
 PS_l - vektor dotykových bodov ľavej koľajnice
 PR_r - vektor dotykových bodov pravého kolesa

- Delta R,
- Tangens Gamma,
- Effective conicity,
- Equivalent conicity.

Delta R

We suppose that the wheelset can move in the railway track only in the vehicle ride axis direction. The wheelset axis forms the right angle with the rail axis. This angle can be different from the right angle value by angle of attack. In the case of centered position of the wheelset in the track, the axis of the track intersects the longitudinal wheelset axis in the center point. The distance from the center point to the left wheel is the same as the distance from the center point to the right wheel. Wheels (left and right) are rolled in the track with the same theoretical wheel radius. The lateral distance of contact circles areas is $2s = 1500$ mm.

If the wheelset moves in the lateral direction instantaneous rolling circles radii difference arises. The difference parameter of the immediate rolling circles by lateral wheelset profile displacement on the rail profile is labeled as Delta R.



delta-r = f(y)

Obr. 4 Funkcia Delta-R
Fig. 4 The Delta-R function

Input parameters:

S - half of the rolling circles distance
 R_r - radius of the right wheel
 R_l - radius of the left wheel
 $z_{Rr}(y)$ - right wheel profile function
 $z_{Rl}(y)$ - left wheel profile function
 $z_{Sr}(y)$ - right rail profile function
 $z_{Sl}(y)$ - left rail profile function
 y_{Rmin} - minimum wheelset displacement
 y_{Rmax} - maximum wheelset displacement
 Δy_R - wheelset displacement step for y from $y = y_{Rmin}$ to y_{Rmax} with step Δy_R

1. Contact point $(y, z_{Sr}, z_{Rr}, P_{Sr}, P_{Rr})$
 - $P_{Sr}[y] = P_{Sr}$
 - $P_{Rr}[y] = P_{Rr}$

2. Contact point $(y, z_{Sl}, z_{Rl}, P_{Sl}, P_{Rl})$
 - $P_{Sl}[y] = P_{Sl}$
 - $P_{Rl}[y] = P_{Rl}$
3. $\Delta R[y] = R_r + Z_{Rr} - (R_l + Z_{Rl})$
4. $T_{gr}[y] = T_{Rr}$
5. $T_{gl}[y] = -T_{Rl}$
6. $T_g[y] = T_{gr}[y] + T_{gl}[y]$

$$Ek[y] = \frac{\Delta R[y]}{2 \cdot y} \text{ for } y <> 0, Ek[y] = 0 \text{ for } y = 0$$

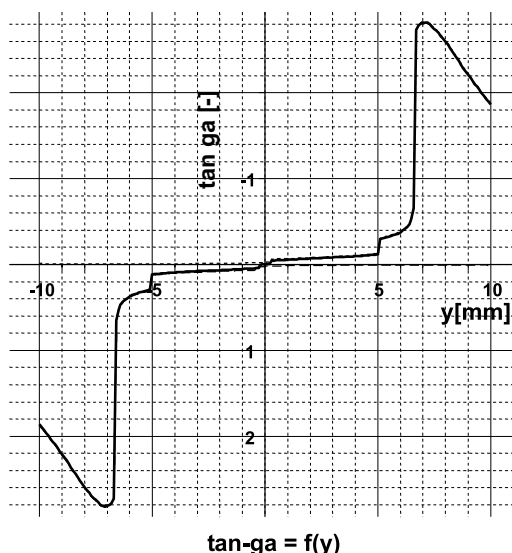
Output parameters

PS_r - the right rail contact points vector,
 PS_l - the left rail contact points vector,
 PR_r - the right wheel contact points vector,

PR_l – vektor dotykových bodov
ľavého kolesa
 ΔR – vektor Delta-R funkcie
 Tg_r – vektor Tan-ga funkcie pre pravé
koleso
 Tg_l – vektor Tan-ga funkcie pre ľavé
koleso
 Tg – vektor Tan-ga funkcie
 Ek – vektor efektívnej kuželovitosti

Tangens Gama

Tangens uhla normály dotykovej roviny v mieste kontaktu kolesa s koľajnicou, s vertikálnou osou označujeme názvom Tangens Gama funkcia. Táto funkcia vyjadruje mieru intenzity väzby, ktorá vracia dvojkoľesie po priečnom vychýlení do centrovanej, rovnovážnej polohy v koľaji.



Obr. 5 Funkcia Tangens Gama
Fig. 5 Tangens Gamma function

PR_l – the left wheel contact points vector,
 ΔR – the Delta-R function vector,
 Tg_r – the Tan-ga function for right wheel vector,
 Tg_l – the Tan-ga function for left wheel, vector
 Tg – the Tan-ga function, vector
 Ek – the Effective conicity vector

Tangens Gamma

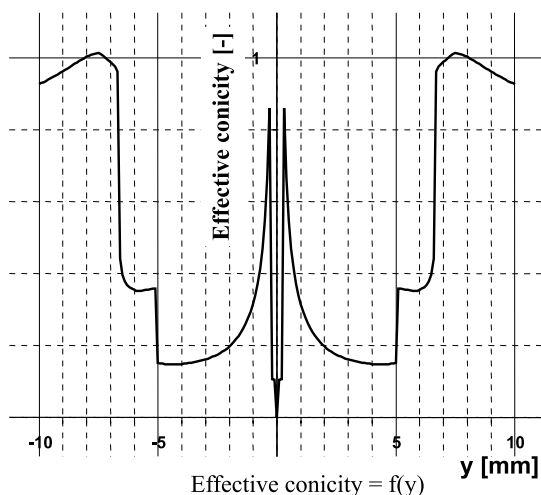
Tangens of angle of the contact area normal line in the contact point of the wheel with rail, with the vertical axis, is named Tangens Gamma function. This function expresses the binding strength rate, which is returning the wheelset after its lateral deviation to the centered position in the rail.

Efektívna kuželovitosť

Nenulová hodnota okamžitého rozdielu polomeru valivých kružníc vedie ku snahe dvojkoľesia vykonať otáčavý pohyb okolo osi prechádzajúcej ťažiskom dvojkoľesia, kolmej na horizontálnu rovinu. Štandardným parametrom, ktorým je možné pri kolese s jednoduchým kužeľovým profilom definovať mieru schopnosti natáčania, je kuželovitosť.

Skutočný profil železničného kolesa má geometriu profilu presne definovanú pre európske dráhy je zaužívaný profil S1002 (UIC-ORE). V priebehu prevádzky dochádza k opotrebeniu jazdnej plochy kolesa, čím sa aj profil modifikuje.

Efektívna kuželovitosť je hodnota kuželovitosti výhradne kužeľového profilu kolesa dvojkoľesia, ktorú by dvojkoľesie muselo mať, aby vykonávalo rovnaký rotačný pohyb bez preklzov v koľaji, ako skutočné (merané) dvojkoľesie.



Obr. 6 Efektívna kuželovitosť
Fig. 6 Effective conicity

Effective conicity

Non zero value of the instant rolling circles radius difference leads to the endeavor of the wheelset doing the rotational movement, around the axis, coming through the centre of gravity of the wheelset. The axis is perpendicular to the horizontal area. The conicity is the standard parameter, enabling to define the rotation ability rate by the wheel with simple conus ride wheel profile.

True railway wheel profile has got the profile geometry strictly defined. S1002 (UIC-ORE) profile is used for the European tracks. During the vehicles operation the wheel wearing occurs and subsequently, the wheel ride profile is changed.

The effective conicity is the valid conicity value only in case of conus wheel ride profile of the wheelset that the wheelset should have for executing the same rotational movement without slips in the rail as the true, (measured) wheelset.

Na železničné dvojkoľesie po vychýlení jeho ťažiska z osi koľaje v priečnom smere pôsobia sily, ktorých účinkom sa dvojkoľesie vracia naspäť do centrovanej polohy. Dvojkoľesie vykonáva zároveň posuvný dopravný pohyb v smere koľaje. Výsledkom súčasného pohybu v smere postupnom aj v smere priečnom je teoreticky pravidelný vlnivý pohyb dvojkoľesia. Podobne, ako porovnávaci parameter efektívna kuželovitosť, pre rotačný pohyb sa zavádza parameter ekvivalentná kuželovitosť, pre pohyb vlnivý,

The forces act to railway wheelset in the lateral direction after of center of gravity from the rail axis deviation. The wheelset is on the base of these forces returned and centered in the rail.

The wheelset executes simultaneously the forward sliding movement in the rail axis direction. The resultant hunting motion is created by the simultaneous forward and lateral wheelset motion. Rotational movement comparative parameter is effective conicity, the equivalent conicity is the comparative parameter for periodi-

kde zjednocujúcim faktorom teoretického kužeľového profilu dvojkoľesia a reálneho skúmaného dvojkoľesia sú vlnová dĺžka a amplitúda vlnivého pohybu.

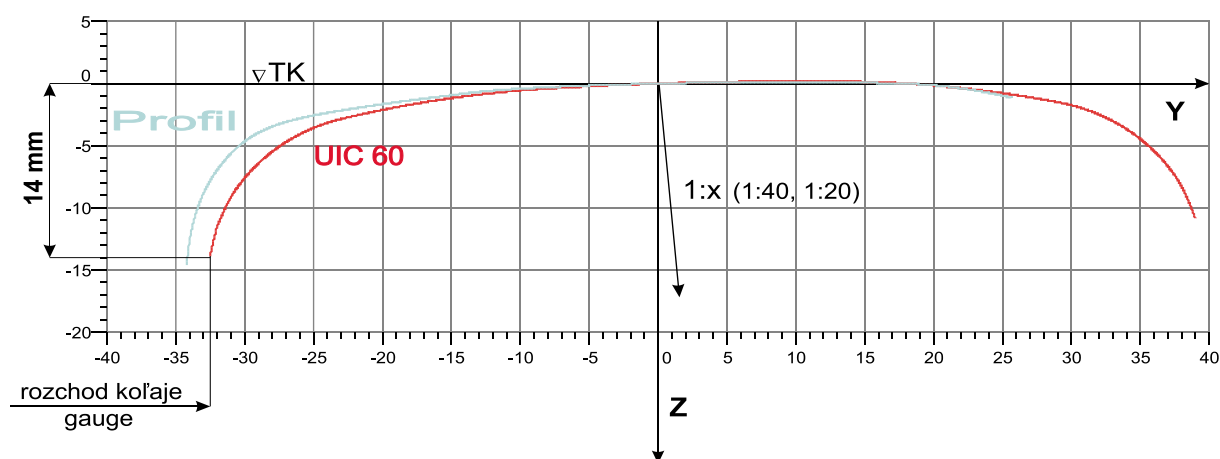
6. Opatrenie koľaje

Zaťažujúce sily pôsobia v kontaktných bodoch kolesa a koľajnice. Sily vytvárajú v kontaktných plochách vysoké lokálne napätové zaťaženie a materiál sa opotrebovávajú. Teoretický profil koľajnice UIC 60 je na obrázku 7. Profil má sklon 1:40. Meraný reálny profil je tiež na obrázku 7. Obe profily sú umiestnené v spoločnom súradnicovom systéme, zarovnané na najvyšší bod profilu koľajnice na úrovni temena koľajnice. Z hľadiska polohy profilov má významnú úlohu parameter rozchodu koľaje, určený vo vertikálnej vzdialenosti 14 mm pod temenom koľaje.

cal hunting motion. The common factors of the theoretical and true wheel profile are wavelength and amplitude of hunting motion of the wheelset.

6. Rail wearing

The loading forces act in the wheel and rail contact points. The forces create the high local strength loads in the contact areas and the material is being worn. Theoretical rail profile of UIC 60 is shown in Fig. 7. The profile has got inclination of 1:40. The measured true rail profile is in Fig. 7 too. Both profiles are situated in the common coordinate system. They are aligned in the highest point of the rail profile, in the level of the rail head crown. From the point of view of profiles position, the rail gauge parameter has got an important function. The gauge parameter is determined in vertical axis 14 mm under the rail head crown coordinate value.



Obr. 7. Referenčný a skutočný profil koľajnice
Fig. 7 Reference and true rail profile

7. Analýza opotrebenia profilu koľajnice

Opatrenie koľaje traťových úsekov môže byť hodnotené viacerými kritériami.

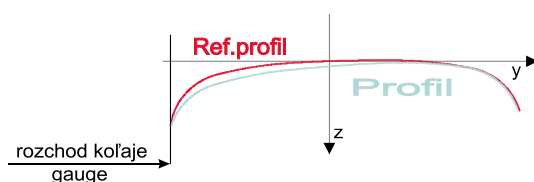
Pre určenie spôsobu vyhodnocovanie, resp. vyčíslenie hodnôt, je rozhodujúce jednoznačné umiestnenie porovnávaných profilov koľajnic v rovine YZ.

Vzáťažná poloha v horizontálnom smere je zhodná pre viaceré vyhodnocovacie systémy. Spoločný bod profilov je určený do úrovne pojazdnnej hrany, vzhľadom na ktorý sa určuje rozchod koľaje. Vo vertikálnej osi je spoločným parametrom pre zarovnanie polohy temena hlavy koľajnice.

7. Rail profile wearing analysis

The railway track segments rail wearing can be assessed with more criteria.

The strictly definite position of the compared rail profiles in the YZ area is crucial for determination of the method of assessment and for wearing quantification.



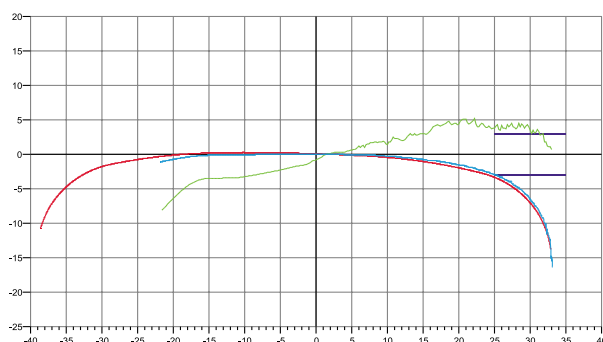
Obr. 8 Umiestnenie profilov pre určenie diferencie
Fig. 8 The position of the profiles for difference assessment

The relative position in the horizontal direction is identical for a lot of assessment systems. The common point of profiles is situated into the level movable edge, owing to gauge of the railway. The rail head crown is the common parameter for position alignment in the vertical axis.

Podmienkou správneho vyhodnocovania diferenčných parametrov je

- dostatočný počet nameraných a uložených bodov,
- použitie správnej vyhladzovacej krivky, ktorou sa namerané body preložia,
- dostatočne vysoká numerická presnosť výpočtov,
- možnosť grafického zobrazenia výsledkov.

Na nasledujúcich obrázkoch sú profily hláv obidvoch koľajnicových pásov a referenčný profil UIC 60. Referenčný profil (červená farba) je naklonený v smere podľa umiestnenia koľajnice: ľavá / pravá.



Obr. 9. Diferencia profilov ľavých koľajníc
Fig. 9 Left rail profiles difference.

Výsledný rozdiel geometrie profilov je znázornený zelenou farbou. Výskyt krivky „pod“ vodorovnou osou s nulovou súradnicou znamená úbytok materiálu, „nad“ znamená návalok materiálu. Na obr. 11, v poradí 2. (pre pravú koľajnicu) a 3. (pre ľavú koľajnicu) grafe sú vynesené takéto rezy vedľa seba. Parameter vodorovnej osi z obrázkov 9 a 10 je v grafoch 2 a 3 obr. 11 vynesý na zvislej osi, hodnota diferencie je určená farebnou škálou a vodorovná os predstavuje vyhodnocovanú trať.

8. Vyhodnotenie diferencie geometrickej polohy nameraného a referenčného profilu

Gauge: Vzdialenosť pojazdných hrán koľajnicových pásov meraná v rovine priečného rezu.

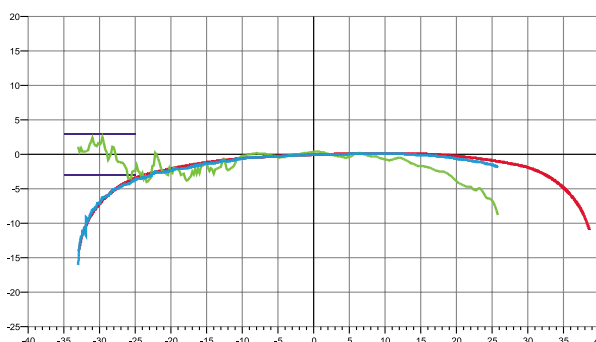
R Diff: Diferencia vzdialenosti bodov profilov hláv koľajníc vzhľadom na začiatok spoločného súradnicového systému profilov pravej koľajnicového pásu. Graf zobrazuje pre každú hodnotu súradnice trate všetky hodnoty diferencií geometrie profilov na dĺžke zvoleného intervalu horizontálnej súradnice priečného rezu pravej koľajnice. Farebná škála pomáha určiť oblasti od minimálnych až po maximálne diferencie geometrie na trati a na základe farebných plôch určuje celkový stav, prípadne zmenu stavu vyhodnocovanú po určitom čase.

L Diff: Diferencia vzdialenosti bodov profilov hláv koľajníc vzhľadom na začiatok spoločného súradnicového systému profilov ľavého koľajnicového pásu. Graf zobrazuje pre každú hodnotu súrad-

The conditions of the right difference parameter assessment are:

- sufficient number of measured and stored points,
- right smoothing curve numerical algorithm usage,
- sufficient high numerical precision of the computations,
- possibility of graphical representation of results.

Both rail head profiles with reference profile UIC60 are shown in the figures below. The reference rail profile is canted in the direction owing to the vertical rail position: left / right side.



Obr. 10. Diferencia profilov pravých koľajníc
Fig. 10 Right rail profiles difference.

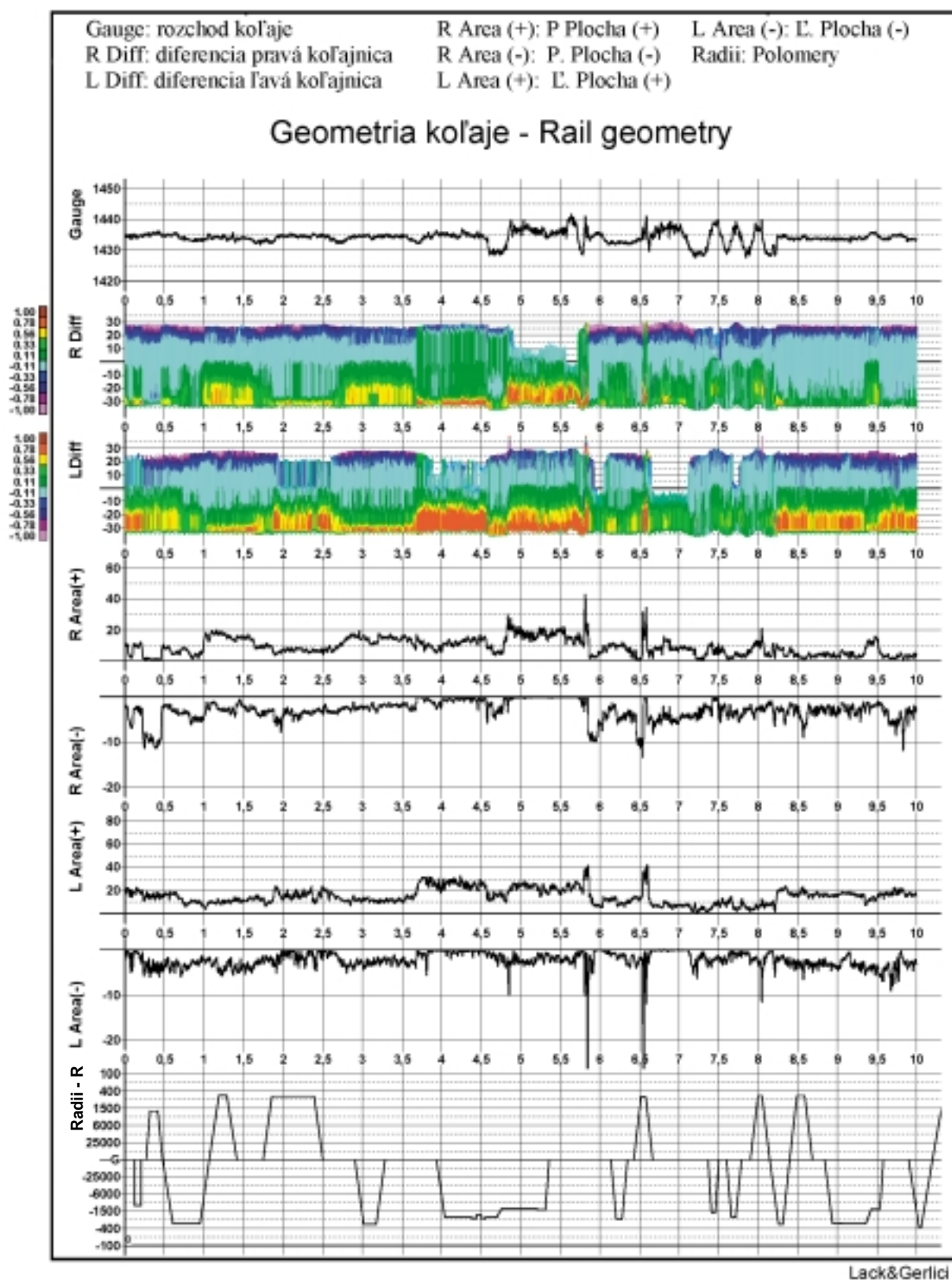
The rail profiles geometry difference is shown in Fig. 9 and Fig. 10 with green color. The green line “under” the horizontal axis of zero level means the material decrement, the green line “over” axis means local material addition. The second diagram (for the right rail) and third diagram (for the left rail) in Fig. 11 show the railway rail lateral cross sections. Parameters of the horizontal axis in Fig. 9 and Fig. 10 are in the second diagram and third diagram displayed in the vertical axis. The color scale legend determines the difference value and the horizontal axis is the assessed railway track.

8. Measured and reference geometry profile difference assessment

Gauge: Distance of the rails movable edges, measured in the cross section.

R Diff: Rails heads profile points distance difference owing to the start of the right rail common coordinate system. The diagram displays all profiles geometry difference values for each of coordinate value in the selected track interval length of the horizontal coordinate of the cross section of the right rail. The color scale helps to locate the areas from maximum to minimum geometry difference along the track and on the base of colored areas it is possible to evaluate the overall rail state or the change of the rail state under operation after some time.

L Diff: Rails heads profile points distance difference owing to the start of the left rail common coordinate system. The diagram displays all profiles geometry difference values for each of coordi-



Obr. 11 Grafy vyhodnotenia geometrie profilov koľajníc na úseku trate
Fig. 11 Diagrams of the rail profile geometry on the track segment assessment

nice trate všetky hodnoty diferencií geometrie profilov na dĺžke zvoleného intervalu horizontálnej súradnice priečného rezu ľavej koľajnice. Farebná škála pomáha určiť oblasti od minimálnych až po maximálne diferencie geometrie na trati a na základe farebných plôch určuje celkový stav, prípadne zmenu stavu vyhodnocovanú po určitom čase.

R Area (+): Plocha určená priebehom diferenčnej krivky a nulovou horizontálnou súradnicou – oblasť menšej vertikálnej súradnice meraného profilu, oproti referenčnému profilu (opotrebenie), na pravej koľajnici.

R Area (–): Plocha určená priebehom diferenčnej krivky a nulovou horizontálnou súradnicou – oblasť väčšej vertikálnej súradnice meraného profilu, oproti referenčnému profilu (návalok), na pravej koľajnici.

L Area (+): Plocha určená priebehom diferenčnej krivky a nulovou horizontálnou súradnicou – oblasť menšej vertikálnej súradnice meraného profilu, oproti referenčnému profilu (opotrebenie), na ľavej koľajnici.

L Area (–): Plocha určená priebehom diferenčnej krivky a nulovou horizontálnou súradnicou – oblasť väčšej vertikálnej súradnice meraného profilu, oproti referenčnému profilu (návalok), na ľavej koľajnici.

Radii: Definícia trate pomocou polomerov oblúkov. Priamu trať predstavuje horizontálna súradnicová os, hodnota parametra v grafe má označenie G.

8. Záver

Opotrebenie koľajníc predstavuje závažný problém prevádzky koľajových vozidiel. Negatívne dôsledky prílišného opotrebenia koľajníc sa prejavujú tak na zvýšenom zaťažení životného prostredia od materiálu rozptýleného do prostredia, parazitných kmitaní častí vozidiel, zvýšenej hladine hluku, tak na spôsobe jazdy železničného vozidla. Opotrebená koľaj rozhodujúcim spôsobom ovplyvňuje plynulý chod vozidiel, znižuje komfort jazdy, ako aj mieru bezpečnosti proti vykoľajeniu.

Nízka kvalita železničnej trate spôsobuje vyšší koeficient poruchovosti prevádzky vozidiel a problémy s dopravou osôb a prepravou materiálu.

nate value in the selected track interval length of the horizontal coordinate of the cross section of the left rail. The color scale helps to locate the areas from maximum to minimum geometry difference along the track and on the base of colored areas it is possible to evaluate the overall rail state or the change of the rail state under operation after some time.

R Area (+): The area determined by the course of the difference curve and by zero horizontal coordinate line – area of the lower value of the measured profile vertical coordinate against reference profile (wearing) of the right rail.

R Area (–): The area determined by the course of the difference curve and by zero horizontal coordinate line – area of the higher value of the measured profile vertical coordinate against reference profile (adding) of the right rail.

L Area (+): The area determined by the course of the difference curve and by zero horizontal coordinate line – area of the lower value of the measured profile vertical coordinate against reference profile (wearing) of the left rail.

L Area (–): The area determined by the course of the difference curve and by zero horizontal coordinate line – area of the higher value of the measured profile vertical coordinate against reference profile (adding) of the left rail.

Radii: Definition of the railway track with the help of curves radii. The straight track is shown by the horizontal coordinate axis, parameter value in the diagram is labeled G.

8. Conclusion

Wearing of the rail is important problem of the rail vehicles operation. Negative consequences of the extreme wearing of the rail can be demonstrated both on the loading of the environment from the material dispersed into the environment, parasite vibration of the parts of railway vehicles, high noise level and the manner of the railway vehicle running quality. The worn rail profile influences on a crucial manner smooth running of vehicles, decreases running comfort and safety against derailment too.

The low quality track cases the higher failure coefficient of vehicles and problems with passengers and freight transportation.

Literatúra – Reference:

- [1] UIC CODE 519 OR: *Method for determining the equivalent conicity*, International Union of Railways, Draft of December 2001.
- [2] STN 73 6360: *Geometrická poloha a usporiadanie koľaje železničných dráh normálneho rozchodu*, September 2000.

Jozef Gnap – Vladimír Konečný *

DOPRAVNÁ POLITIKA VO VZŤAHU K CESTNEJ DOPRAVE A TRVALO UDRŽATELNÝ ROZVOJ

TRANSPORT POLICY RELATED TO ROAD TRANSPORT AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Vývoj takmer vo všetkých hospodárskych odvetviach okamžite ovplyvní oblasť dopravy. Inými slovami, rast hospodárstva vedie automaticky k rastu v oblasti cestnej dopravy. Automobilový priemysel produkuje vozidlá vybavené novými technológiami a prevádzkovatelia dopravy túto oblasť financujú prostredníctvom nákupu nových nákladných vozidiel a autobusov. Tento proces je plynulý: Sprisňuje sa legislatíva pre cestnú dopravu, sú vypracované koncepcie v EÚ ako dosiahnuť trvalo udržateľný rozvoj. Štátna dopravná politika SR musí uvedené výsledky a koncepcie reflektovať, inak sa cestná doprava v SR stane brzdou trvalo udržateľného rozvoja našej spoločnosti.

1. Úvod

Na základe „Aktualizácie a rozpracovania zásad štátnej dopravnej politiky SR“, ktoré boli schválené uznesením vlády SR č. 21 dňa 12. 1. 2000, je súčasná štátna dopravná politika dlhodobou cieľovo zameraná na vytváranie predpokladov na:

- racionálne využívanie zdrojov a územia štátu zabezpečením trvalo udržateľnej mobility podporou environmentálne ohľaduplných, bezpečnejších a z celospoločenského hľadiska efektívnejších dopravných systémov,
- využívanie komparatívnej výhody geografickej polohy štátu so zodpovedajúcim kvalitným prepojením dopravnej infraštruktúry s európskou dopravnou sieťou,
- proporcionálnu rozvoj dopravy vzhľadom na prepravný dopyt spoločnosti a dopravnú obsluhu územia,
- ochranu životného prostredia, premietnutú do voľby dopravných trás a dopravných prostriedkov na báze stanovených environmentálnych kritérií,
- trvalé udržiavanie a zvyšovanie bezpečnosti dopravy a jej spoľahlivosti,
- technickú vyváženosť, zodpovedajúcu parametrom uplatňovaným v dopravno-vyspelých štátoch,
- dlhodobosť, previazanosť a stabilitu legislatívnych zámerov rozvoja dopravy.

Slovenská republika je vzhľadom na štruktúru zahraničného obchodu závislá od medzinárodnej dopravy a je tiež tranzitným

Development in almost all sectors of economy will immediately affect the transport sector. We can say that growth in economy leads automatically to growth in road transport. As a continuous process the road transport industry produces vehicles by new technologies and transport operators finance this section by purchasing new trucks and coaches. There is a continual and tightened process in the road transport legislation, the EU has elaborated conceptions for achieving sustainable development. The state transport policy of the Slovak Republic has to reflect specified results and conceptions, otherwise road transport in the Slovak Republic becomes the brake of sustainable development.

1. Introduction

On the basis of the “Updating and elaboration of state transport policy principles of the Slovak Republic”, that were ratified by the government decree n.21 of the Slovak Republic on 12 January 2000, the actual state transport policy is in the long term deliberately directed to creation of assumptions for:

- Rational exploitation of sources and state territory through securing the sustainable mobility by the support of the transport systems which are environmental considerate, safer and more effective in the term of society,
- Exploitation of the comparative advantage of geographic location with appropriate quality interconnection of the traffic infrastructure and European transport network,
- Transport proportionality development in regard to transport demand of society and the territory transport maintenance,
- Protection of the environment removed into the option of routes and means of transport in pursuance of specified environmental criterions,
- Permanent care and increasing the transport safety and its reliability,
- Technical flexibility corresponding to the enforced parameters in traffic-advanced states,
- Long-time, cohesion and stability of the legislative intents in the transport development.

The Slovak Republic depends on the international transport with regard to the structure of foreign trade and is also a transit

* Prof. Ing. Jozef Gnap, PhD., Ing. Vladimír Konečný

University of Žilina, Faculty of Operation and Economics of Transport and Communications, Department of Road and City Transport, Veľký diel, 010 26 Žilina, Slovak Republic, Tel.:++421-41-5133295, Fax:++421-41-5651499, E-mail: gnap@fpedas.utc.sk, konecny@fpedas.utc.sk

štátom najmä v smere sever-juh a opačne. Jej geografická poloha, hospodárska situácia a obchodná politika vyžaduje aj medzinárodnú perspektívu – dimenziu dopravnej politiky. Slovenská republika musí pokračovať v úzkej medzinárodnej spolupráci za účelom využitia výhodnej polohy v regióne strednej Európy. Perspektívne členstvo Slovenskej republiky v Európskej únii značí aj možnosť pre Slovensko, že sa bude môcť významnejšou mierou podieľať na tvorbe a realizácii európskej dopravnej politiky.

Vzhľadom na Bielu knihu – *Európska dopravná politika do r. 2010 – čas rozhodnutia* [5], ktorú vydala Európska komisia v roku 2001, možno očakávať v celej Európe sťaženie podmienok podnikania pre cestných dopravcov. Úlohou Bielej knihy síce je odbremeniť zaťaženosť mnohých úzkych cestných úsekov a zlepšiť európsku infraštruktúru, tieto ciele však budú ospravedlňované sériou opatrení, ktorých priamym alebo nepriamym cieľom bude podpora iných druhov dopravy, často aj na úkor cestnej dopravy pri nerešpektovaní efektívnosti týchto rozhodnutí [3].

Medzinárodná únia cestnej dopravy (IRU), ktorej členom je aj ČESMAD Slovakia (Združenie cestných dopravcov SR), vypracovala svoju vlastnú štúdiu pre rozšírenie EÚ v cestnej doprave, ktorá má korešpondovať s predstavami inštitúcií, ako je Európska komisia a ECMT (Rada európskych ministrov dopravy). V tomto smere sa IRU spolu s EÚ usilujú o to, aby harmonizácia dopravného *acquis communautaire* (jednotný systém legislatívy EÚ) bola v čase vstupu do EÚ vo všetkých kandidátskych krajinách na rovnakej úrovni a aby nedochádzalo k znevýhodňovaniu niektorej z uchádzačských krajín.

Stratégia IRU počíta pri rozšírení EÚ s dvoma možnými scenármi v oblasti cestnej dopravy:

Scenár „veľkého tresku“

Tento scenár počíta s úplnou implementáciou legislatívy z oblasti dopravy zo strany kandidátskych krajín a následného úplného otvorenia trhu individuálne pre dopravcov z jednotlivých krajín hneď od prvého dňa od podpisania zmluvy o vstupe do EÚ. Tento scenár vyžaduje vyššie nároky a viac času na prípravu a podľa IRU má niekoľko vážnych nedostatkov:

- umelý vznik dočasnej, ale závažnej krízy vyplývajúcej z nadbytočných kapacít okamžite potom, ako nové členské štáty vstúpia na osobitný dopravný trh,
- vznik problémov a výrazný tlak na dopravné spoločnosti na oboch stranách, obzvlášť z krajín strednej a východnej Európy, kvôli okamžitému prispôbeniu ich internej štruktúry a ich fungovaniu novovzniknutej situácii, v tomto smere môže dôjsť aj k odporu otvoriť sa zo strany priemyslu,
- redukované možnosti poskytovať služby na osobitnom dopravnom trhu,
- možnosti investícií (napr. pre obnovu vozidlového parku) by boli v budúcnosti pre nové členské štáty výrazne obmedzené.

Scenár „krok za krokom“

Pri tomto scenári by došlo k rozšíreniu bez dlhšieho oneskorenia, ale na druhej strane by sa postupne upravovali kvóty na ude-

state in the north – south and opposite directions. Its geographic location, economic situation and business policy requests also an international prospect – the dimension of transport policy. The Slovak Republic has to continue in close international cooperation in order to exploit amenity in the Central Europe region. The prospective membership of the Slovak Republic in EU is also an opportunity for the Slovak Republic, which would be able to participate more markedly on creation and realization of the European transport policy.

With regard to the White Paper – *European transport policy to year 2010 – the time of decision* [5], issued by the European Commission in 2001 it can be expected that the conditions for road carriers will become more difficult in all of Europe. The role of the White Paper is to decrease the burden on many road bottlenecks and to improve the European infrastructure, however these goals will be excused by a series of measures, the direct or indirect goals of which will be to support other types of transport, often at the expense of road transport irrespective of effectiveness of these decisions [3].

The International Road Transport Union (IRU), where ČESMAD Slovakia is also a member, drafted its own study on the EU enlargement in road transport that should correspond with the ideas of institutions such as the European Commission and ECMT (European Conference of Ministers of Transport). In this respect the IRU along with the EU try to make sure that the harmonization of the transport *acquis communautaire* (EU legislation) be upon accession to the EU at the same level in all candidate countries, in order to prevent disadvantages to any of the applicant countries.

The IRU strategy considered two possible scenarios of EU enlargement in the area of road transport:

The “Big Bang” scenario

This scenario assumes a full implementation of legislation by the candidate countries in the area of transport and the following full opening of the market individually for the hauliers from all countries, at once from the first day of signing the EU Accession Treaty. This scenario is more demanding and requires more time for the preparation and according to the IRU has several serious defects:

- Artificial emergence of a temporary but serious crisis, resulting from overcapacity, immediately upon the new member states entering the special transport market,
- Problems inception and significant pressure on transport companies on both sides, mainly in countries of Central and Eastern Europe, due to immediate adaptation of their internal structures due to having an effect in accordance with the new situation, in this respect also resistance may be put up by the industry for to open up,
- Reduced possibility to provide services on the special transport market,
- Possibilities of investment (e. g. the renovation of the vehicle fleet) would be strongly restricted in future for the new member states.

The “step-by-step” scenario

This scenario supports the enlargement without longer delays, but on the other hand, quotas for granting transport permits (either

lovania prepravných povolení (či už na úrovni ECMT, alebo bilaterálnej, nie však pre kabotáž). Kabotáž je vykonávanie vnútroštátnej cestnej dopravy na území štátu, v ktorom nie je vozidlo dopravcu registrované.

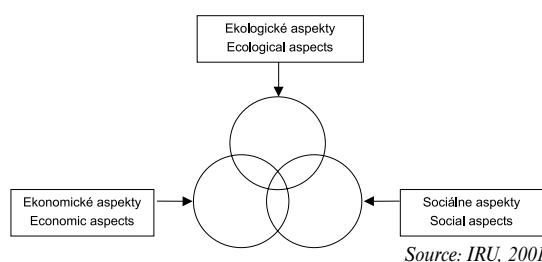
Treba uviesť, že SR uzavrela kapitolu „Doprava“ v rámci prístupových rokovaní s EÚ a prijala sa „kombinovaná“ alternatíva. To znamená, že sa predpokladá okrem kabotáže úplné uvoľnenie v medzinárodnej cestnej doprave. V oblasti kabotáže sa prijalo prechodné obdobie dva roky s tým, že je možné ho predĺžiť o ďalšie dva roky a po vyhodnotení ešte o rok.

Je možné očakávať, že po vstupe SR do EÚ nastane nárast medzinárodnej cestnej nákladnej dopravy. Ako je na tom vlastne cestná doprava? Plní cestná doprava požiadavky na trvalo udržateľný rozvoj?

2. Požiadavky na cestnú dopravu a trvalo udržateľný rozvoj

Trvalo udržateľný rozvoj je forma hospodárenia a rozvoja, ktorá zodpovedá potrebám súčasných generácií bez toho, aby boli ohrozené šance a možnosti budúcich generácií uspokojovať ich potreby.

Trvalo udržateľný rozvoj je možno chápať ako zložitý mechanizmus, ktorého jednotlivé aspekty sú vzájomne previazané (pozri obr. 1).



Obr. 1. Aspekty trvalo udržateľného rozvoja a ich vzájomný vzťah
Fig. 1. Aspects of sustainable development and their relationship

Sustainable development means a form of management and development that fills the bill of present generations without threat for chances and possibilities of future generations to meet their needs.

Sustainable development can be viewed as complicated mechanism with cohesion of individual aspects (fig. 1).

2.1 Cestná doprava a ekonomické aspekty trvalo udržateľného rozvoja

Obchod je životne dôležitý pre spoločenský blahobyt a cestná nákladná doprava je nenahraditeľným prvkom obchodu všetkých ekonomík. V rámci dopravného sektora dosahuje cestná nákladná doprava najväčší trhovú podiel, ten rastie zásluhou kvalitnejších služieb cestnej dopravy z hľadiska väčšej flexibility, spoľahlivosti, rýchlosti dodania, menších nárokov na balenie tovaru a menšej pravdepodobnosti poškodenia zásielky. Hospodárstvo krajín je závislé od cestnej nákladnej dopravy, túto závislosť možno ďalej zvýrazniť nasledujúcimi faktami:

- vozidlá cestnej nákladnej dopravy prepravujú takmer 80 % všetkých tovarov vo vyspelých krajinách,
- každý deň cestné nákladné vozidlá prepravujú 70 kg tovaru na každého obyvateľa žijúceho vo vyspelých krajinách,
- cestné nákladné vozidlá platia na daniach a poplatkoch v Európe ročne 40 miliárd eur.

Pri pohľade na úlohu autobusovej dopravy v hospodárstve krajiny je jasné, že autobusová doprava nie je len nosnou časťou verejnej dopravy, ale tiež hrá dôležitú úlohu v oblasti turistiky. Pomáha obstarávať zamestnanie pre milióny obyvateľov. Od Lisabonu

at the level of ECMT or bilateral, however not for cabotage) would be gradually adapted. The cabotage means realization of national road transport on the territory of the state where the carrier's vehicle is not registered.

It is to be said here that the Slovak Republic closed the chapter "Transport" within entry proceedings with the EU and the "combined" alternative was accepted. It comes to this that it expects entire release in the international haulage transport except for the cabotage. In the area of cabotage a transformational period for 2 years was accepted, which can be extended for another 2 years and another one year after the evaluation.

It is possible to expect the growth of the international road haulage transport after incorporation of the Slovak Republic into the EU. What is the position of the road transport? Does the road transport serve sustainable development requirements?

2. Road transport requirements and sustainable development

2.1 Road transport and economic aspects of sustainable development

Trade is vital for our well-being and road transport is an irreplaceable component of trade in all economies. Within the transport sector, road transport's market share is the largest and is increasing due to its superior service, in term of greater flexibility, reliability, speed and lower probability of damage. The whole economy depends on road transport that can be further highlighted by the following enumeration:

- Trucks carry nearly 80 % of all goods in industrialized countries,
- Everyday trucks deliver 70 kg of goods for every person living in industrialized countries,
- Trucks in Europe pay about 40 billion euro in taxes per year.

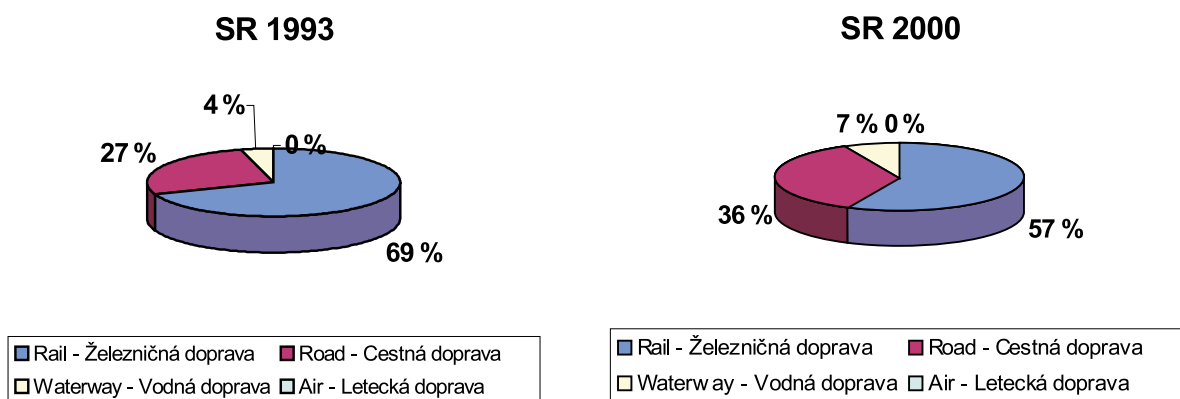
Looking at the role of the coaches and buses in the economy it becomes clear that buses and coaches are not only the backbone of public transport, but also play an important role for the European tourist industry. They help to provide employment for millions of citizens. From Lisbon to Moscow, from Istanbul to Stockholm, bus and coach operators employ about 1.8 million drivers, mechan-

po Moskvu, od Istanbulu po Štokholm zamestnávajú prevádzkovatelia autobusovej dopravy okolo 1,8 milióna vodičov, mechanikov, účtovníkov, marketingových expertov a pod. Okrem toho poskytujú tiež prácu pre vedúcich svetových výrobcov, spoločnosti dodávajúce súčiastky vozidiel, pre dílerov a ďalšie súvisiace aktivity ako servisné služby a poisťovanie. Okrem toho ďalších päť miliónov ľudí v Európe funguje v oblasti podnikania, ktoré je výrazne závislé od autobusovej dopravy ako cestovné kancelárie, hotely, reštaurácie, múzeá alebo drobné podnikanie [1].

Obrázky 2 a 3 znázorňujú rastúce podiely objemu výkonov cestnej nákladnej dopravy v Slovenskej republike a Európskej únii.

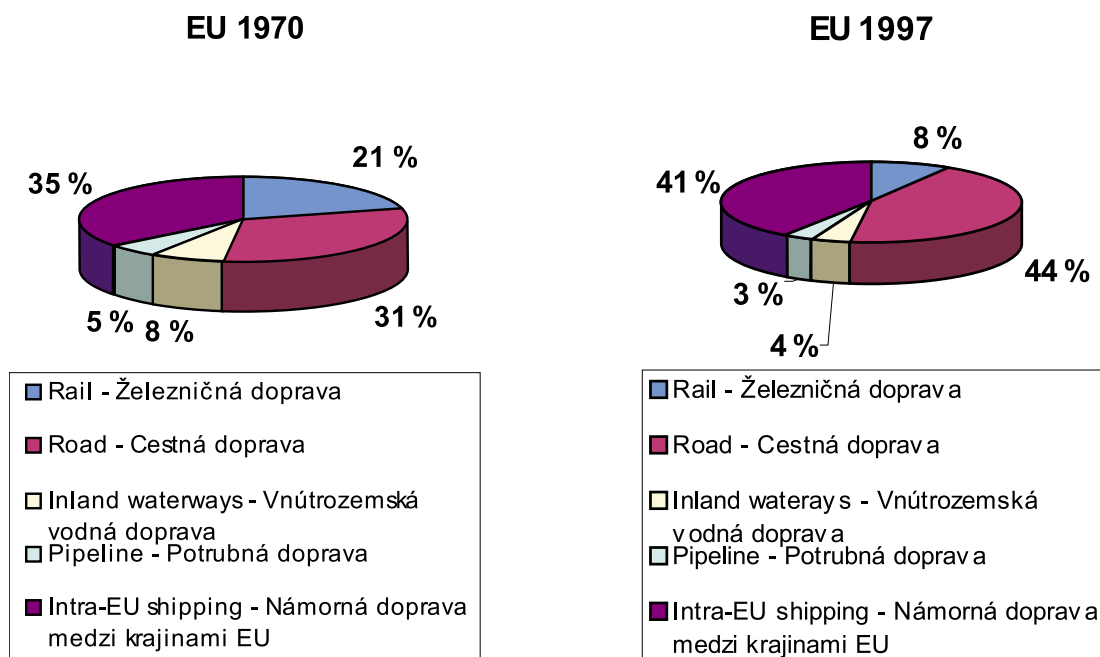
ics, accountants, marketing experts, etc. Furthermore, they also give work to the world's leading manufacturers, companies supplying vehicle components, to dealers and to other bus- or coach-related activities, such as inspection and insurance. In addition to that, another five million people in Europe earn their living in businesses that are strongly dependent on bus and coach services, such as travel agencies, hotels, restaurants, museums or the retail business [1].

Figures 2 and 3 present growing share of the road haulage transport performance in the Slovak Republic and in the European Union.



Source: Statistical yearbook of Slovak Republic, 1997, 2000

Obr. 2. Porovnanie podielu jednotlivých dopravných odborov v SR na prepravnom výkone v rokoch 1993 a 2000
Fig. 2. Comparison of individual modes share on transport performance in Slovak republic in 1993 and 2000



Source: European Commission, EU Transport in Figures, 1998

Obr. 3. Porovnanie podielu jednotlivých dopravných odborov v EÚ na prepravnom výkone v rokoch 1970 a 1997
Fig. 3. Comparison of individual modes share on transport performance in European union in 1970 and 1997

2.2 Ekologické aspekty trvalo udržateľného rozvoja, vplyv cestnej dopravy na životné prostredie

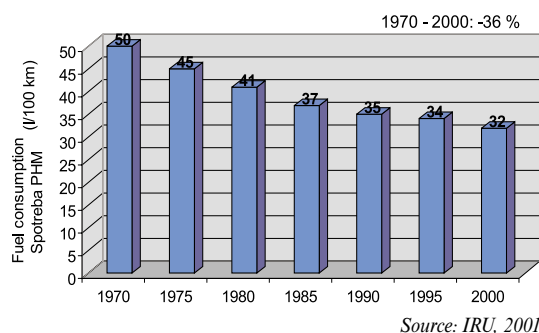
Vývoj takmer vo všetkých hospodárskych odvetviach okamžite ovplyvní oblasť dopravy. Inými slovami, rast hospodárstva vedie automaticky k rastu v oblasti cestnej dopravy. Automobilový priemysel produkuje vozidlá vybavené novými technológiami a prevádzkovatelia dopravy túto oblasť financujú prostredníctvom nákupu nových nákladných vozidiel a autobusov. Tento proces je plynulý. Na základe takto závislej spolupráce cestná doprava získala vedenie v zavádzaní opatrení na zachovanie trvalo udržateľného rozvoja a je možné poukázať na viacero pozoruhodných výsledkov. Za ostatných 30 rokov prostredníctvom opatrení týkajúcich sa úspor paliva došlo v priemere k zníženiu spotreby nafty pri novom 40-tonovom cestnom nákladnom vozidle z 50 na 32 litrov na 100 km.

Vzhľadom na príslušné hmotnosti to znamená, že cestná nákladná doprava sa už dopravovala k 0,9-litrovému vozidlu, čo predstavuje spotrebu 0,9 litra pohonných hmôt na prepravu 1 tony celkovej hmotnosti vozidla na vzdialenosť 100 km. Vychádzajúc zo znižovania spotreby paliva a emisii CO₂ sa ukazuje, že takýto vývoj tiež znižuje úroveň nákladov vozidiel vo vzťahu k životnému prostrediu. Ťažko možno nájsť lepší príklad toho, ako môžu ísť ruka v ruke hospodárnosť a ekológia. Vďaka obrovským investíciám automobilového priemyslu do nových technológií sa v deväťdesiatych rokoch minulého storočia podarilo znížiť mieru znečistenia životného prostredia nespálenými uhlíkovými (HC) a oxidmi dusíka (NO_x) na polovicu. Ďalšie závažné znečisťujúce látky – ako pevné častice (PM) a oxid uhľnatý (CO) sa podarilo znížiť o 75 %. Existuje viacero dôvodov takéhoto vývoja. V súčasnosti vyrábané cestné nákladné vozidlá sú úspornejšie vo vzťahu k spotrebe paliva ako staršie vozidlá. Nové vozidlá musia spĺňať čoraz prísnejšie emisné predpisy ako staršie vozidlá. Vývoj emisných predpisov možno sledovať na obrázku 5 a úroveň emisií v štátoch EÚ na obrázku 6 [2].

Čo sa týka situácie v Slovenskej republike, k 1. 8. 2002 bol počet členov ČESMAD Slovakia zaoberajúcich sa podnikaním v medzinárodnej cestnej nákladnej doprave 1 530, v autobusovej doprave 85. V roku 2001 títo dopravcovia obnovili vozidlový park 149 vozidlami spĺňajúcimi predpisy EURO 2 a 1 051 vozidlami spĺňajúcimi predpisy EURO 3. Už z týchto čísel vyplýva, že v medzinárodnej cestnej nákladnej doprave nastala „mohutná“ obnova vozidlového parku ekologicky prijateľnými vozidlami.

2.2 Ecological aspects of sustainable development, environmental impact of the road transport

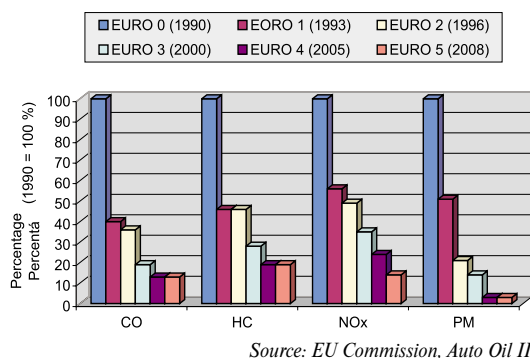
Trends in almost all sectors of economy will immediately affect the transport sector. In other words, growth in economy leads automatically to growth in transport. As a continuous process the road transport industry provided new vehicle technology and the transport operators financed it by purchasing new trucks and coaches. With this mutual dependent partnership road transport took the lead to introduce measures for maintenance of sustainable development and a lot of noteworthy successes can be shown. Over the past 30 years, fuel-economy measures caused the average diesel consumption of a new 40-tonne truck to drop from 50 to 32 litres per 100 km.



Obr. 4. Vývoj spotreby pohonných hmôt návesovej súpravy s celkovou hmotnosťou 40 ton

Fig. 4. Evolution of fuel consumption 40-tonne truck

resulting decrease in energy consumption and in CO₂ emissions shows that this development has also dropped the vehicle expenses related to the environment. There can hardly be a better example of economy and ecology going hand in hand. Thanks to the giant road transport industry's investment into the new technology, the 1990s have seen pollution from trucks – hydrocarbons and nitrogen oxides – cut by half. The other major pollutants, such as smoke known as particulate and carbon monoxide have been cut by up to 75 %. There are several reasons for the above developments. Firstly, trucks built today are much more fuel-efficient than older ones. Secondly, new trucks have to meet increasingly stringent emission norms, which means they are far cleaner than older vehicles. Fig. 5 illustrates evolution of emission norms and fig. 6 illustrates emission levels in EU countries [2].



Obr. 5. Vývoj emisných predpisov cestných nákladných vozidiel v EÚ

Fig. 5. Evolution of commercial vehicle standards in the EU

For situation in the Slovak Republic, number of members in ČESMAD Slovakia undertaking in international road haulage transport was 1530, in buses and coaches 85 to 1st August 2002. These operators have renewed their fleets by purchasing 149 vehicles that meet the emission norm EURO 2 and 1 051 vehicles that meet the emission norm EURO 3 in 2001. These numbers talk about “massive” renewal of fleets in international road haulage transport by purchasing of feasible vehicles for environment. It relates with changing of legislation, with preferring of feasible vehicles for environment and

Súvisí to aj so zmenou legislatívy a preferovaním ekologických vozidiel a vek do 6 rokov pri pridelení zahraničných prepravných povolení.

Taktiež pokračujúca obnova vozidlového parku cestného dopravcu ďalej znižuje dopad cestnej dopravy na životné prostredie. Cestná doprava je pripravená plynulo dosahovať ďalšie znižovanie jej vplyvu na životné prostredie prostredníctvom obrovských investícií. Do roku 2015 bude znečistenie životného prostredia nákladnými vozidlami cestnej dopravy znížené o ďalších 30 %.

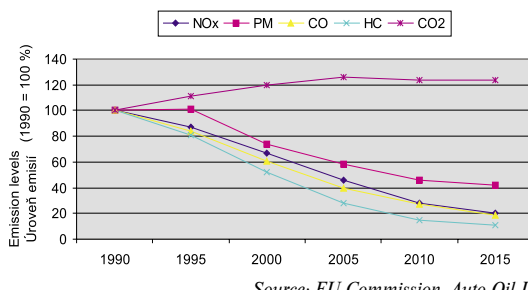
Špeciálna zvuková izolácia a metódy regulácie hluku robia súčasne vozidlá podstatne tichšími v porovnaní s vozidlami vyrobenými pred niekoľkými rokmi. Rozsiahle investície automobilového priemyslu, napríklad do nových motorov alebo pneumatík, pomohli znížiť úroveň vibrácií o 25 %, čo je značný úspech pri náraste cestnej nákladnej dopravy o 40 % za ostatných desať rokov.

2.3 Sociálne aspekty trvalo udržateľného rozvoja vo vzťahu k cestnej doprave

Ľudia majú vo zvyku do istej miery zveličovať, pokiaľ ide o nebezpečenstvo alebo riziko. Vztiahnuté na oblasť cestnej dopravy, ak nastane dopravná nehoda medzi nákladným vozidlom, autobusom a osobným automobilom, verejnosť sa pravdepodobne domnieva, že priestupku sa dopustilo nákladné vozidlo. Táto mylná predstava nezodpovedá skutočnosti. Vo vyspelých krajinách s náležitou infraštruktúrou v skutočnosti len 5 až 10 % dopravných nehôd zapríčinia nákladné vozidlá, zatiaľ čo 90 až 95 % nehôd je zapríčinených osobnými automobilmi a ostatnými účastníkmi cestnej premávky. Doprava osobným automobilom je najviac riziková, pokiaľ ide o vznik dopravnej nehody (pozri obr. 7). I keď cestné nákladné vozidlá predstavujú omnoho menšiu časť z celkového počtu cestných vozidiel ako osobné vozidlá, napriek tomu je pravdou, že nákladné vozidlá sú menej často účastníkmi dopravných nehôd v pomere k počtu nehôd na cestných komunikáciách. V porovnaní s rokom 1970 došlo k zníženiu počtu dopravných nehôd nákladných automobilov až o 63 %.

Pokiaľ ide o autobusovú dopravu štatistiky hovoria, že autobusová doprava predstavuje jeden z najbezpečnejších spôsobov prepravy osôb. Podiel súčasných autobusov na smrteľných dopravných nehodách je menší ako 1 %.

Vo všeobecnosti je ako faktor číslo jedna pri dopravných nehodách chápané ľudské zlyhanie. Akokoľvek dokonalá cestná



Source: EU Commission, Auto Oil II

Obr. 6. Vývoj emisií v cestnej doprave v EÚ

Fig. 6. Evolution of emissions from road transport in EU

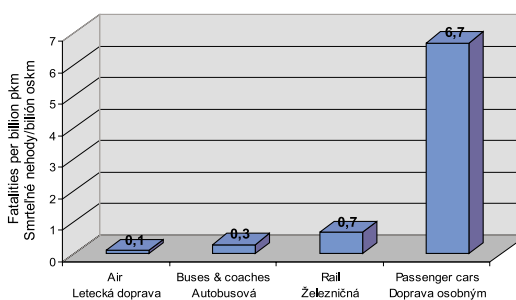
with age of vehicles by dispatching of licences in international road haulage transport too. The age of vehicles should be no older than 6 years.

Moreover, the ongoing fleet renewal within the transport industry reduces its impact on the environment even further. The road transport industry is prepared to continue with heavy investments to be able to achieve further reductions on the environmental impact. By the year 2015, pollution from trucks will be reduced by another 30 %.

Special insulation and other noise-control techniques make nowadays trucks substantially quieter than those built just a few years ago. Huge investments by the road transport industry in, for example, new engines and tyres have helped reduce annoyance levels by 25 % a considerable achievement in the light of an increase of trucking by over 40 % in the last ten years.

2.3 Social aspects of sustainable development and their relationships with the road transport

People tend to associate largeness with danger or risk. Transferred to road traffic, if an accident occurs between a truck, a bus and another vehicle, the public is likely to presume that the truck was at fault. The poor image does not correspond with reality. In industrialized countries with proper infrastructure only 5 % to 10 % of accidents actually involve trucks, whereas 90 % to 95 % involve private cars and other road users. Transport by private car represents the most risk for creation of accident (fig. 7). Even though trucks represent a much smaller proportion of total road traffic than private cars, it is nevertheless true that trucks are less often



Source: EU Energy & Transport in Figures, 2001

Obr. 7. Bezpečnosť prepravy osôb v krajinách EÚ v roku 1998

Fig. 7. Safety in passenger transport in EU

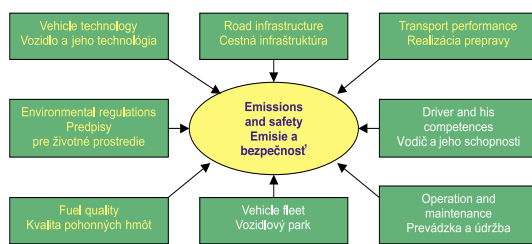
involved in traffic accidents in proportion to their number on the road. The accident rate of trucks has been reduced by over 63 % compared with rate levels in the 1970s.

When it comes to buses and coaches, the statistics show that they represent the safest mode of transport. Today buses and coaches are involved in less than 1 % of all road accidents resulting in casualties.

Human failure is generally viewed as being the number one factor in traffic accidents. No matter what accomplished the road

infraštruktúra, akokoľvek optimalizované vozidlo sú zbytočné, ak vodič nie je dostatočne spôsobilý, existuje veľké riziko vzniku dopravnej nehody. Náchylnosť k dopravným nehodám je možné odvrátiť alebo odstrániť prostredníctvom dvoch druhov činnosti: výcvikom a vzdelávaním. IRU vydala príručky pre výcvik profesionálnych vodičov určené inštruktorom pre výcvik vodičov cestných nákladných vozidiel i autobusov, tým sa kladie dôraz na potrebu praktického výcviku pre mladých vodičov na typoch vozidiel, ktoré budú používať. Je tu tiež podčiarknutá prospešnosť skupinového prístupu k výcviku.

Európska komisia hodnotí vývoj v doprave ako nerovnomerný. Konštatuje, že niektoré oblasti v doprave sa požiadavkám moderného hospodárstva prispôbili lepšie, iné horšie. Toto platí predovšetkým pre cestnú dopravu, ktorá od zavedenia voľného pohybu tovaru a osôb znamenala rapidný nárast. Na druhej strane Biela kniha spomína aj výrazné preťaženie nielen viacerých hlavných ciest a diaľnic, ale aj železničných tratí a uzlov, najmä v mestách a pri letiskách.



Source: IRU, 2001

Obr. 8. Kľúčové faktory pre ochranu životného prostredia a bezpečnosť cestnej premávky
Fig. 8. Key factors for environmental performance and road safety

infrastructure is, no matter what optimisation of the vehicle is, the driver had to be competent for elimination a high risk of to cause the accident. Accident-prone behaviour can be averted or remedied by two types of action: training and education. IRU has produced professional driver training handbooks for truck driving, as well as for coach driving instructors, thereby stressing the need for young drivers to be given practical training on vehicles of the type they would be using, and also underlining the usefulness of a group training approach.

European Commission considers the development in transport imbalanced. It notes that some areas of transport have adapted to the requirements of modern economy better than others. This applies mainly to the road transport, which has recorded a rapid development since the introduction of free movement of goods and persons. On the other hand the White Paper mentions also an excessive burden not only of several main roads and highways, but also railways and nodes, mainly in cities and close to airports.

Vydanie Bielej knihy v roku 1993 varovne hodnotilo: „Dopravné zápchy nestoja len nervy, ale aj produktivitu. Úzke miesta a chýbajúce pripojenia v infraštruktúre, slabé miesta pri interoperabilite medzi dopravnými nosičmi a systémami, ako aj chýbajúce priesecníky medzi mnohými do seba uzavretými a ďaleko rozptýlenými telekomunikačnými systémami. Siete sú vďaka vnútornému trhu preťažené. Prejavuje sa to v zníženej schopnosti konkurovať a v tom, že sa premeškávajú šance na vytvorenie nových trhov a utvára sa menej pracovných miest, ako by bolo za iných podmienok možné.“

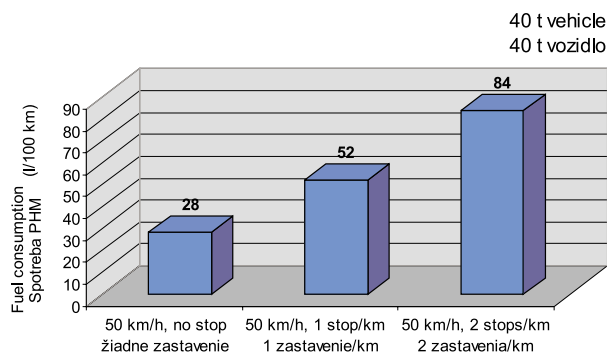
Napriek tomu, že väčšina zúžených miest sa vzťahuje na mestá, je transeurópska sieť trvalo preťažená. Podľa údajov Európskej komisie vznikajú denne na 7 500 kilometroch (čo predstavuje 10 % celkovej siete) dopravné zápchy. Spolu 16 000 kilometrov železničnej siete (20 % celej siete) sa považuje za zúžené miesta. Na 16 najväčších letiskách Európskej únie dochádza pri 30 % letov k meškaniu dlhším ako štvrt hodiny. Čo sa týka cestnej dopravy, prognózy Európskej komisie na rok 2010 znejú dosť dramaticky. Očakáva sa nárast nákladov spôsobených jednotlivými firmami kvôli dopravným zápcham až o 142 %, čo predstavuje 80 miliárd eur ročne, čiže približne percento hrubého domáceho produktu členských krajín EÚ.

Počet dopravných nehôd je závislý od kapacity a kvality cestnej infraštruktúry. Kapacitnejšia a kvalitnejšia cestná infraštruktúra sa prejaví znížením počtu smrteľných dopravných nehôd (pozri obr. 10). Samozrejme, na znížení počtu smrteľných dopravných nehôd sa výrazne podieľa aj automobilový priemysel prostredníctvom nových technológií pre zvyšovanie bezpečnosti vozidiel [4].

The publication of White Paper in 1993 warned: “The traffic congestions do not cost us only nerves, but also productivity.” The bottleneck and missing links in infrastructure and weaknesses in interoperability between transport carriers and systems, as well as lacking intersections between many closed and dispersed telecommunication systems. Due to the single market the networks are congested. This is reflected in the reduced capacity to compete and in missing the chances to create new markets, hence less new jobs are created than would be possible under different circumstances.

Despite the fact that most bottlenecks relate to cities, the trans-European network is permanently congested. According to data of the European Commission there are traffic congestions on 7 500 kilometres a day (which is 10 % of the total network). A total of 16 000 kilometres of railways (20 % of the total network) is considered bottlenecks. At 16 of the largest airports of the European Union some 30 % of flights are delayed by more than 15 minutes. As regards road transport, the projections of the European Commission for the year 2010 sound quite dramatic. A growth of costs incurred by companies due to traffic congestions by as much as 142 % is expected, which is 80 billion euro a year, i. e. approximately one percent of the gross domestic product of the EU member states.

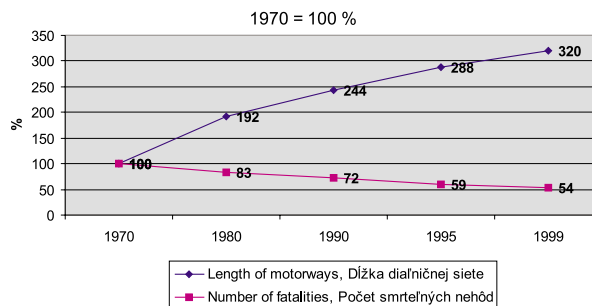
The number of the road accidents depends to capacity and quality of the road infrastructure. More capacitive and qualitative road infrastructure will manifest by reduction the number of fatalities (fig. 10). Of course, the road vehicle industry markedly participates on reduction of number of fatalities by new vehicle technologies for vehicle safety rising too.



Source: IRU, 2001

Obr. 9. Vplyv preťaženia cestnej siete na spotrebu pohonných hmôt vozidla cestnej nákladnej dopravy

Fig. 9. Road congestion increases fuel consumption of road haulage transport vehicle



Source: EU Energy & Transport in Figures, 2001

Obr. 10. Vzťah medzi vývojom diaľničnej infraštruktúry a bezpečnosťou cestnej premávky v EÚ

Fig. 10. Evolution of motorway infrastructure and road safety in EU

Udržateľnosť = prospešnosť

Tab. 1

Moduly IRU	Výhody pre životné prostredie	Výhody pre prevádzkovateľa cestnej dopravy
Vzdelávanie a výcvik vodičov	• Menej dopravných nehôd • Nižšia spotreba pohonných hmôt • Nižšia miera emisií CO₂	• Menšie prestoje vozidla • Nižšie náklady na poistenie • Väčšia spoľahlivosť • Nižšie náklady na pohonné hmoty
Systémy riadenia životného prostredia	• Nižšia miera emisií (CO, NOx, HC, PM) • Menšie množstvo odpadov • Nižšia spotreba vody, pohonných hmôt a ďalšieho materiálu	• Nižšie poplatky a dane • Nižšie náklady na pohonné hmoty • Nižšie účty za vodu • Nižšie náklady na energiu

Sustainability = profitability

Table 1

IRU Modules	Benefits for the environment	Benefits for the road transport operator
Education and training of drivers	• Less accidents • Lower fuel consumption • Less CO₂ emissions	• Less vehicle downtime • Lower insurance costs • More reliability • Lower fuel costs
Environmental management systems	• Less emissions (CO, NOx, HC, PM) • Less waste • Less consumption of water, fuel and other resources	• Lower taxes and charges • Lower fuel costs • Lower water bill • Lower power cost

Source: IRU, 2000

3. Záver

Podľa záverov Európskej komisie by bolo najjednoduchším riešením stlmiť celkovú mobilitu osôb a tovaru. Takáto predstava je nereálna už len preto, lebo EÚ nedisponuje ani dostatočnými právomocami, ale ani prostriedkami predpisovať obmedzenia dopravy v jednotlivých mestách, prípadne na cestách. Okrem toho sa viaceré členské štáty zásadne vyslovili proti spoločnému zákazu jazd počas víkendov – čo je aj z hľadiska na individuálne podmienky a situáciu v regiónoch pochopiteľné.

Biela kniha si do roku 2010 stanovila štyri hlavné ciele:

1. premiestniť rovnováhu medzi jednotlivými druhmi dopravy,

3. Conclusion

The conclusions of the European Commission suggest that the easiest solution would be to slow down the total mobility of people and goods. This idea is unrealistic, since the EU does not have sufficient powers nor means to stipulate transport restrictions in individual cities or on roads. Apart from that several member states have clearly expressed themselves against the common prohibition of driving at weekends – which is understandable also given the individual conditions and situations in the regions.

The White Paper has set four main goals until the year 2010:

1. Relocate the equilibrium among individual modes of transport,

2. eliminovať úzke miesta,
3. umiestniť používateľa do centra dopravnej politiky, ktoré sa tiež zaoberá zaťažením infraštruktúry,
4. riadiť globalizáciu dopravy.

Z ekonomického hľadiska a pri prihladnutí na právomoci Európskej únie sú na uskutočnenie týchto cieľov pripravené tri varianty:

- a) Najväčší dôraz sa bude klásť na cestnú dopravu, ktorá by sa stala hlavným predmetom restriktívnych opatrení, ako napríklad zvýšenie daní, poplatkov.
- b) Stredobodom pozornosti by bolo opäť spoplatňovanie cestnej dopravy a sprievodné opatrenia, ktoré by zvyšovali efektívnosť iných dopravných odvetví (napr. zlepšenie kvality služieb a logistiky, presadenie technických opatrení). Tento variant však nezahŕňa ďalšie investície do novej infraštruktúry.
- c) Tretí variant, o ktorý sa opiera Biela kniha, zahrňuje rad opatrení, ktoré podporujú spoplatňovanie aj revitalizáciu iných dopravných odvetví nielen cestnej dopravy. Súčasne sa počíta s cieľovými investíciami do transeurópskej siete. Táto verzia sa delí na 60 opatrení do roku 2010, ktoré by mali zabezpečiť rovnomernosť medzi rastom v hospodárstve a v doprave bez toho, aby sa obmedzila mobilita osôb a tovaru (jeden z pilierov EÚ). Nárast v cestnej doprave by vzhľadom na lepšie využitie iných dopravných odvetví nemal vyvrcholiť do obávaných čísel (namiesto +50 % by to v období medzi 1998 a 2010 bolo +38 %).

Z iniciatívy IRU vznikol dokument „Smerovanie k trvalo udržateľnému rozvoju“, ktorý pripravuje cestu pre prijímanie konkrétnych opatrení všetkých strán zúčastnených na dosahovaní tohto spoločného cieľa. Smerovanie k trvalo udržateľnému rozvoju definuje tri nevyhnutné podmienky pre realizáciu trvalo udržateľného rozvoja.

I. Inovácia

Ekologickejšie a tichšie vozidlá s úspornejšou spotrebou paliva, kvalitnejšie pohonné hmoty a zlepšená organizácia prepravy, to je len niekoľko opatrení pre zlepšenie vplyvu cestnej dopravy na životné prostredie.

II. Motivácia

Automobilový priemysel potrebuje iniciatívnu podporu pri zavádzaní technológií a postupov trvalo udržateľného rozvoja zo strany jednotlivých krajín. Pri poznaní významných minulých a budúcich výsledkov, automobilový priemysel bude pokračovať v znižovaní jeho vplyvov na životné prostredie súbežne s rozvojom hospodárstva. Avšak za dosahovanie trvalo udržateľného rozvoja budú musieť zobrať na seba svoj diel zodpovednosti obchodní partneri a vláda vo vzťahu k cestnej doprave.

III. Infraštruktúra

Dopravné zápchy spôsobujú škody hospodárstvu, spoločnosti i životnému prostrediu. Lepšie využívanie existujúcej cestnej infraštruktúry zahŕňajúce uprednostňovanie dopravy pre obchodné účely

2. Eliminate bottlenecks,
3. Place the user at the centre of transport policy, that is also dealing with the burden on infrastructure,
4. Manage the globalisation of transport.

From the economic point of view and taking account of the powers of the European Union three alternatives were prepared for the implementation of these goals:

- a) Most emphasis will be placed on road transport that should become the main subject of restrictive measures, such as taxes or fees increases,
- b) The tariffs on road transport and accompanying measures should be at the centre of attention, to enhance the efficiency of other transport sectors (e. g. enhancing the quality of services and logistics, implementation of technical measures). This alternative however does not include investment into new infrastructure.
- c) The third alternative, supported by the White Paper includes a series of measures favouring the tariffs on roads and revitalisation of other transport sectors, not only road transport. At the same time, targeted investments into the trans-European network are expected. This version is subdivided into 60 measures until the year 2010, which should ensure a balanced growth in the economy and transport without restricting the mobility of persons and goods (one of the pillars of the EU). Given the better use of other modes of transport, the growth in road transport should not culminate in those feared figures (instead of + 50 % it would only be + 38 % between 1998 and 2010).

The proactive IRU initiative “Driving towards sustainable development”, which paves the way for concrete actions to be taken by all parties concerned in achieving this common goal. Driving towards sustainable development defines the three prerequisites to implement sustainable development.

I. Innovation

More ecological, more quiet and more fuel-efficient vehicles, better fuel quality and improved logistics are just a few measures for improving environmental performance of road transport.

II. Incentive

The road transport industry needs governments to encourage rapid implementation of sustainable development technologies and practices with positive incentives. Recognizing the significant past and future successes of these efforts, the road transport industry will continue to reduce its environmental effects while driving economic development. However, to achieve sustainable development, road transport's commercial and governmental partners will have to take responsibility for their fair share.

III. Infrastructure

There are a lot of damages caused by the traffic congestions for the national economy, the society and the environment. Making better use of the existing road infrastructure, including giving priority to commercial traffic for economic reasons, and investing in

z hospodárskych dôvodov a investovanie do nevyhnutného rozvoja cestnej infraštruktúry sú nevyhnutné podmienky pre dosiahnutie všeobecných cieľov a zásad trvalo udržateľného rozvoja [4].

Je potrebné, aby sa tieto ciele rozpracovali do konkrétnych úloh naplňajúcich aktuálne zásady štátnej dopravnej politiky SR.

the necessary road infrastructure development, are sine qua non conditions for achieving the general goals and principles of sustainable development [4].

It is necessary to elaborate these goals into the concrete problems that respect actual principles of state transport policy of Slovak Republic.

Literatúra – References

- [1] GNAP, J. a kol.: *Ekonomické a kvalitatívne vplyvy implementácie legislatívy EÚ do legislatívy SR v oblasti cestnej dopravy*, Výskumná úloha VEGA č. 1/8183/01, Žilinská univerzita v Žiline, Žilina 2001
- [2] PERNÝ, V.: *Trendy a vývoj emisných limitů pro motorová vozidla*, In zborník príspevkov z 1. medzinárodnej konferencie „Cestná a mestská doprava a trvalo udržateľný rozvoj“, Žilina 12. – 13. 6 2001, Žilinská univerzita v Žiline, Žilina 2001
- [3] TISOVSKÝ, J.: *Dopravná politika, jej stratégie a nástroje pre trvale udržateľný rozvoj*, In zborník príspevkov z 1. medzinárodnej konferencie „Cestná a mestská doprava a trvalo udržateľný rozvoj“, Žilina 12. – 13. 6 2001, Žilinská univerzita v Žiline, Žilina 2001
- [4] www.iru.org
- [5] Biela kniha – Európska dopravná politika do r. 2010 – čas rozhodnutia, Úradný vestník Európskej komisie, Brusel 2001

Peter Patek – Jaroslav Borský – Ivan Kotvan *

PLAVIDLO PRE KOMPLEXNÉ ZÁSOBOVANIE A ZBER ODPADOV LODÍ NA DUNAJI

A VESSEL FOR THE COMPLEX SUPPLYING AND WASTES COLLECTION OF INLAND SHIPS ON THE DANUBE

Bezpečné a spoľahlivé zásobovanie palivami a zber odpadov je dôležité pre nepretržitú plavbu a ochranu životného prostredia. Na tieto účely bolo navrhnuté a postavené zásobovacie plavidlo. Investorm je Slovenská plavba a prístavy Bratislava a staviteľom H.A.W.K. Bratislava. Projekt a konštrukcia boli vyhotovené na Katedre automobilov, lodí a motorov Slovenskej technickej univerzity v Bratislave. Príspevok predstavuje projekt a celkové riešenie takéhoto plavidla.

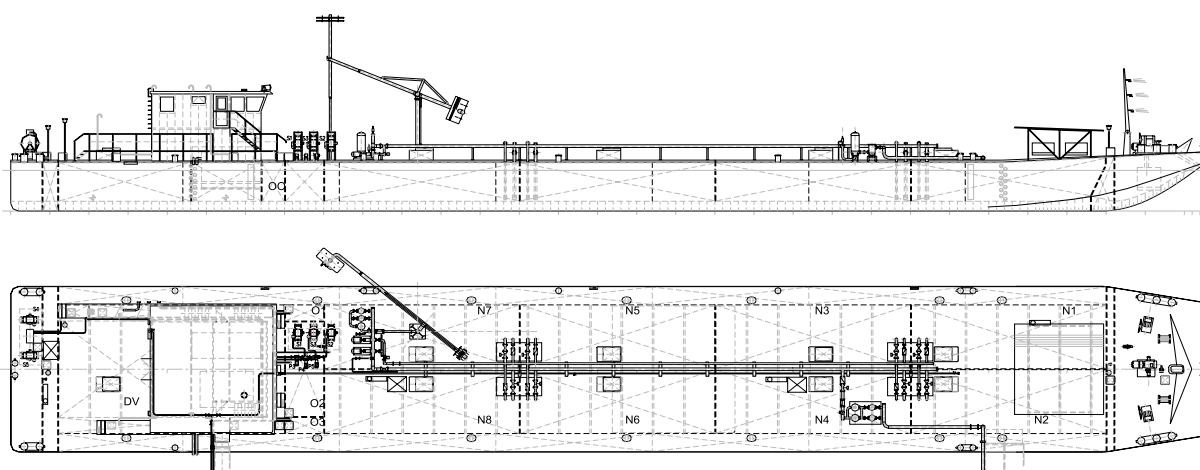
Safe and reliable outgoing/filling of fuels and collection of sewage is important for continuous navigation and environmental protection. The supply vessel on the base of DEIIb barge was designed and built up for these purposes. The investor is the Division Port of Slovak Navigation and Ports Comp. and the builder is H.A.W.K. Comp. in Bratislava. The design and construction are made by the Department of Cars, Ships and Engines, Slovak University of Technology in Bratislava. This contribution demonstrates the project and general arrangement of this vessel.

1. Úvod

Terminal bol navrhnutý a postavený na báze člna DEIIb – rekonštrukcia na tankový čln ako čerpacia stanica palivovej nafty (trieda K3, i. č. 1202) a mazacích olejov a kompletný odber a úprava tekutých a pevných odpadov, obr. 1, 3. Rekonštrukcia na hladkopalubový čln (sily sú odrezané v úrovni paluby) bola projektovaná v zmysle pravidiel GL, ČSLR a ADN. Plnenie tankov je

1. Introduction

The supplying terminal was designed and built up on the base of the barge DEIIb as a reconstruction to the tank barge for supplying the ships with diesel fuel (Class K3, i.number 1202) and lubrication oils and for complex collection of liquid and solid wastes, Fig. 1, 3. Reconstruction to the trunkless barge (hatch coamings were cut on the deck level) was projected by GL, ČSLR



Obr. 1 Celková dispozícia plavidla
Fig. 1 General arrangement of the vessel,

* ¹Peter Patek, ¹Jaroslav Borský, ²Ivan Kotvan

¹Department of Cars, Ships and Engines, Faculty of Mechanical Engineering, Slovak University of Technology, Nám. slobody 17, 81231 Bratislava, Tel.: 0257296379, E-mail: patek@sjf.stuba.sk,

²Slovak Navigation and Ports, Division Port Bratislava, Tel.: 0253414532, E-mail: kotvan.portba@spap.sk

ako základné riešenie z brehu ako aj s možnosťou plnenia nafty aj z lodí na návodnom boku, obr. 2.

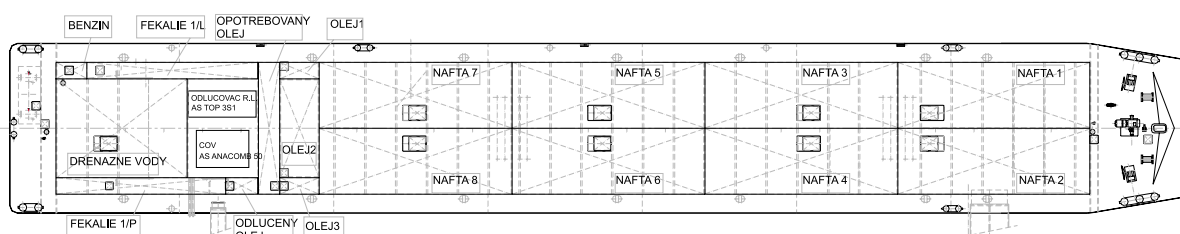
Ku korme je pripojený zásobovací pontón pre malé plavidlá tak, aby výška boku cca 0,6 m bola stabilná bez ohľadu na naloženie hlavného člna. Tento pontón slúži hlavne pre malovýdaj nafty a benzínov.

Pristup na terminal zabezpečujú dve lávky šírky 1,0 a 2,5 m z ľavého brehu rieky.

and ADN rules. Tanks filling (diesel and lubrications) is designed from the river bank connection primarily and from tankships on the water side of vessel secondary, Fig. 2.

The supplying pontoon for small craft is connected with aft with condition: the pontoon freeboard of approximately 0.6 m must be constant regardless of the main vessel loading. This pontoon serves for the supplying of mainly small craft with diesel and petrol fuel.

The access to the terminal vessel is provided by two foot-bridges 1.0 and 2.5 m beam from the left bank of the river.



Obr. 2 Rozmiestnenie tankov

Fig. 2 Tanks arrangement



Obr. 3 Obslužné plavidlo v Bratislavskom prístave

Fig. 3 Supply vessel in Bratislava port

2. Hlavné údaje

Hlavné rozmery

Tab. 1

Dĺžka maximálna	L_{OA}	76,5 m
Dĺžka na HVR pri ponore $T = 2,5$ m	L_{HVR}	74,9 m

2. Main data

Main dimensions

Table 1

Length over all	L_{OA}	76.5 m
Length on CWL at draught $T = 2,5$ m	L_{HVR}	74.9 m

Šírka maximálna	B	11,0 m
Výška boku / telesa trupu	H	3,2 / 3,7 m
Výška maximálna	H _{fix} m	8,31 m
Ponor (max.)	T	2,2 m
Výtlak člna pri stred. ponore 2,2 m	D	1710 t
Výtlak prázdneho člna	Do	523 t
Stredný ponor prázdneho člna	To	0,71 m
Voľný bok pri plnom naložení	FB	0,96 m
Plavebná zóna	2	
Celkový objem tankov, podľa ciach.	V _{TANKS}	1394,3 m ³

Maximal beam	B	11.0 m
Depth (side)/ hull body	H	3.2 / 3.7 m
Maximal high from BL	H _{fix} m	8.31 m
Drought (max.)	T	2.2 m
Displacement at mid. drought 2,2 m	D	1710 t
Displacement light	Do	523 t
Light drought of barge	To	0.71 m
Freeboard at full load	FB	0.96 m
Navigation zone	2	
Total tank capacity, by the gauge	V _{TANKS}	1394.3 m ³

Objemy tankov

Tab. 2

Z celkového objemu 1394,3 m ³ :	nafta	1093,4 m ³	8 tankov
	oleje	55,0 m ³	3 tankov - 3 druhy
	benzín	5,5 m ³	pre jachty
	opotrebované oleje	31,9 m ³	
	drenážne vody	141,8 m ³	
	fekálie	61,3 m ³	2 prepojené tanky
	odlúčené oleje	5,4 m ³	
	pevné odpady	6 nádob	

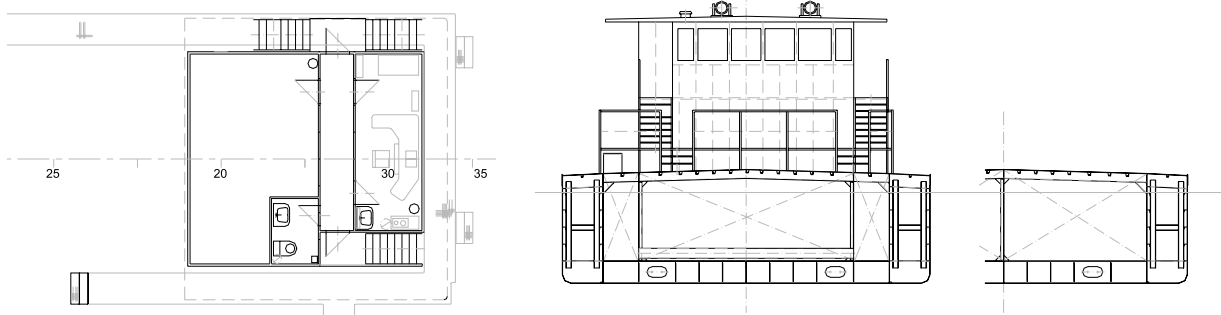
Tanks capacity

Table 2

From total capacity 1394.3 m ³ :	diesel	1093.4 m ³	8 tanks
	lubrication oils	55.0 m ³	3 tanks - 3 kinds
	petrol	5.5 m ³	for small craft
	used oils	31.9 m ³	
	bilge waters	141.8 m ³	
	black&gray waters	61.3 m ³	2 connected tanks
	separated oils	5.4 m ³	
	solid wastes	6 contain.	

3. Celková koncepcia

3. General conception



Obr. 4 Koncepcia hlavného rebra a nadstavby
Fig. 4 Midship section and superstructure conception

Plavidlo bolo postavené z trupu tlačného člna DEIIb juhoslovenskej výroby (pričný systém vystuženia dna) na tankový čln dvojplášťovej konštrukcie typu N (ADN) pre látky triedy K3 (GL). Vnútro pôvodného priestoru je rozdelené sústavou priečnych a pozdĺžnych predelov na 17 tankov. Doplnené sú koferdamy na čele

The vessel was built up from the hull of the Yugoslavian push barge DEIIb (transversal bottom construction system) as a reconstruction to a twoskin tank barge, ADN type N for goods GL Class K3 (diesel fuel). The inner space of the original hatch compartment was divided by a system of longitudinal and transversal

a korme, nadstavba na korme, prístrešok na čele a kompletná čerpadla a signalizačná technológia. Návrh zabezpečuje aj komplexný odber a spracovanie odpadov z plavidiel ako aj predaj prevádzkových tovarov.

Terminal je bez elektrocentrály a zdroj elektrickej energie a prívod vody sa zabezpečuje brehovou prípojkou.

Plavidlo je navrhnuté pre trvalé vyviazanie k brehu s napojením na potrubné sústavy nafty a olejov z brehu.

4. Konštrukcia trupu

Prebudovanie trupu člna spočíva vo vytvorení nákladového priestoru tankov jedným centrálnym predelom od r. č. 40 po r. č. 138 a štyrmi priečnymi predelmi v hlavnom nákladovom priestore. Takto vznikne 8 tankov na naftu s objemom do 1110 m³. Predely tankov sú rozmiestnené s cieľom dosiahnutia približne rovnakého objemu každého tanku.

Tanky olejov sú v rozsahu r. č. 35 po r. č. 40 rozdelené dvoma pozdĺžnymi predelmi v rozstupe 6400 mm na tri tanky.

V rozsahu r. č. 32 až 35 je po celej šírke pôvodného nákladového priestoru tank na opotrebované oleje.

Úsek r. č. 6 až 32 je vyčlenený na zber tekutých odpadov. Pozdĺžne predely v rozstupe 6400 mm vyčleňujú trup na stredový tank zberu drenážnych vôd a priestor pre čističky. Po bokoch po vnútorné boky sú rozmiestnené tanky fekálií, tank na odlúčené oleje a nádrž na benzín. Fekálne tanky po bokoch sú vzájomne prepojené dvoma potrubiami DN 300.

Pôvodné teleso je riešené v zmiešanom type vystuženia: dno – priečny systém, boky a paluba/ochodze – pozdĺžny systém. Kormo a čelo sú v priečnom systéme vystuženia. Všetky predely a koferdamy sú z plechov hrúbky 6 mm a vystužené sú zvislými výstuhami L80×60×6 mm po 500 mm. Hladká paluba tankov (bez trónky) je z listkového plechu v strednej časti 8 mm a ku koncom znížená na 6 mm. Vystuženie paluby je riešené v pozdĺžnom systéme profilmi L80×60×6. Palubníky v rozstupe $a_r = 2000$ mm po celej palube sú tvorené zhranenými profilmi L260×100×6. Pôvodný sil bol zrezaný v úrovni paluby.

Celkové riešenie je vidieť na obr. 1 a 3. Na deviatich veľkých tankoch sú umiestnené expanzné šachty s objemom po 1,06 m³ (min 0,75 % objemu tanku) s obrubnicou 6 mm výšky 800 mm.

Nadstavba je riešená ako dvojpodlažná, klasickým lodným spôsobom z plechu 4 mm. Spodné podlažie v úrovni hlavnej paluby

bulkheads to 17 tanks. There are: fore and aft cofferdams, superstructure on aft, porch on fore and complete pump, control and signal technology. The design ensures the complex collection of wastes from ships and the sale of other operational goods, too.

The terminal has no generators and electricity source and fresh water conduction is ensured from the left bank connections.

The vessel is designed for permanent bank mooring with connections with pipe systems of diesel fuel and lubrication oils from the river bank.

4. Hull construction

The barge hull reconstruction is based on the performance of tanks cargo compartments with one central longitudinal bulkhead from fr. No. 40 to fr. No. 138 and four transversal bulkheads in a cargo compartment. The result is 8 tanks for diesel fuel with a total capacity of 1100 m³. Transversal bulkheads are located for approximately equal capacity of each tank.

The tanks for lubrication oils are located between fr. No. 35 to fr. No. 40 and they are divided by two long bulkheads with spacing of 6400 mm to three tanks.

There is a tank for used oils on full original cargo space between fr. No. 32 to fr. No. 35.

The compartment fr. No. 6 to fr. No. 32 is designed for liquid wastes collection. The longitudinal bulkheads with spacing of 6 400 mm divided hull to the central tank for bilge waters collection and compartment for two sewage plants. The tanks for black& gray waters, separated oils and petrol tank are located on both sides. Black& gray tanks on sides are connected with two DN300 pipes.

The original hull was built up in a mixed construction system: bottom – transversal system, sides and deck/gangboards – longitudinal system. The fore and aft are in a transversal construction system. All bulkheads are made from 6 mm thickness plates and reinforced with vertical L80×60×6 mm in 500 mm spacing. The smooth deck (without trunk) is welded from leaf plates of 8 mm in the mid part and on the ends the thickness is reduced to 6 mm. The deck reinforcement is made in a longitudinal construction system with profiles of L80×60×6. The deck beams from bend profiles of L260×100×6 have spacing $a_r = 2000$ mm, original hatch coamings were cut on the deck level.

The general arrangement is in Figs. 1 and 3. The expansion hatches with a capacity of 1.06 m³ (min. 0.75 % capacity of the tank) and 800 mm high coaming are located on nine large tanks.

The two-deck superstructure is designed as a classical ship construction from 4 mm plates. The down deck in the main deck



Obr. 5 Paluba plavidla
Fig. 5 Vessel deck,



Obr. 6 Prestavba lode
Fig. 6 Rebuilding of the ship

kryje priestor čističiek a druhá paluba slúžia ako klimatizovaný velín, sklad a WC. Oba boky sú prepojené priebežnou chodbou š. 1000 mm. Hrubé riešenie je vidieť na obr. 1. Čističky sú umiestnené vo výreze hlavnej paluby 6400×4500 mm v zvýšenej úrovni nad vnútorným dnom pre zabezpečenie odtoku čistej vody za pravý bok.

Okolo nadstavby je zvýšená ochodza 650 mm nad palubou, z ktorej je prístup na 3 schodišťa nadstavby. Vytvorená je pororoštami 1000 mm.

V dôsledku zvýšeného sústredeného zaťaženia pod výdajným ramenom sú dobudované príslušné základy a zosilnená konštrukcia paluby v mieste uchytania základov profilmi 260×100×6 a stĺpkami TR.114×6,3.

5. Potrubné sústavy

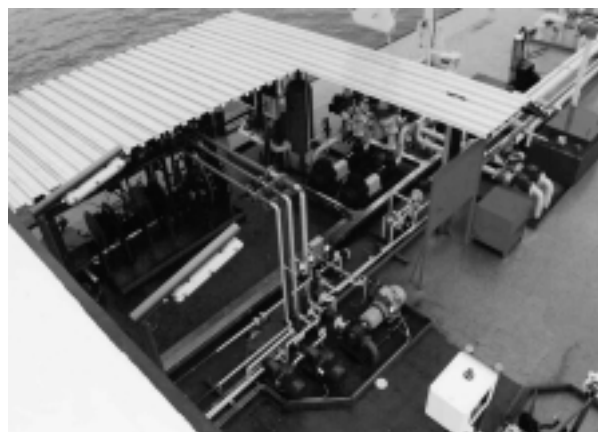
Projektové riešenie potrubných sústav bol projekčnou dodávkou firmy EXPRO, s.r.o. Šaľa a tu bude vymenované súhrnne. Ostatná technológia stáčania a výdaja pozostáva z nasledujúcich prevádzkových súborov.

Technológia plnenia a výdaja nafty

Výdaj nafty sa uskutočňuje cez tankovacie rameno Marine Loader B0028 - 4" (DN 100) firmy EMCO WHEATON GmbH, Germany. Dosah ramena cca 8 m na dĺžke cca 12 m, manipulácia s ramenom môže byť vďaka protizávažiu ručná. Kapacita cca 1000 l/min cez dve čerpadlá, snímáciu a meráciu automatiku s vyhodnotením do centrálneho PC. Výdajné potrubie je DN 100. Stáčanie z brehu resp. z lodí je cez cen-



Obr. 8 Plniace a výdajné potrubie
Fig. 8 Filling and issuing pipes



Obr. 7 Poloha čerpadiel olejov
Fig. 7 Position of lubrication oil pumps

level covers the compartment of sewage plants, the upper deck is an air-conditioned control station, storage and toilette. Both sides are connected with a transversal passage of 1000 mm breadth. The conception is in Fig.3. The sewage plants are located in the deck cut with 6400×4500 mm in position approx. 800 mm from inner bottom.

There is a higher gangboard of 650 mm around the superstructure over the main deck and from there three stairways are accessible to the superstructure. This gangboard is made from pore grates of 1000 mm.

Deck under the marine loader is reinforced due to high loading forces. Foundations are made from profiles 260×100×6 and pipes 114×6.3.

5. Pipes systems

The project solution of pipes systems was delivered by EXPRO, s.r.o. Šaľa and it will be generally described here. Technology of the filling and issuing is assembled from these operational files.

Technology of diesel fuel filling and issuing

Diesel fuel issuing is made over issuing arm of Marine Loader B0028 - 4" (DN 100) EMCO WHEATON GmbH, Germany. The arm range is 8 m on the port-side vessel at the length of 12 m approximately and with manual handling. The maximal flow capacity is 1000 l/min through two pumps with automatic detection and measuring devices and evaluation to the central PC. The diameter of issuing pipe is DN100. The

trálne potrubie DN 150. Ovládanie a regulácia je pomocou guľových servoventilov. Pohon servoventilov je pneumatický, kompresor je v nadstavbe v priestore ČOV.

Technológia plnenia a výdaja olejov, malovýdaj nafty a benzínu pre malé plavidlá

Oleje troch druhov (2 motorové a 1 hydraulický) sú vydávané z troch stojanov hadicami na bubnoch. Stojany s čerpacou technikou sú umiestnené v rozsahu r. č. 35 – 40 priamo nad tankami olejov O1 až O3. Prívod z brehu potrubím DN 80.

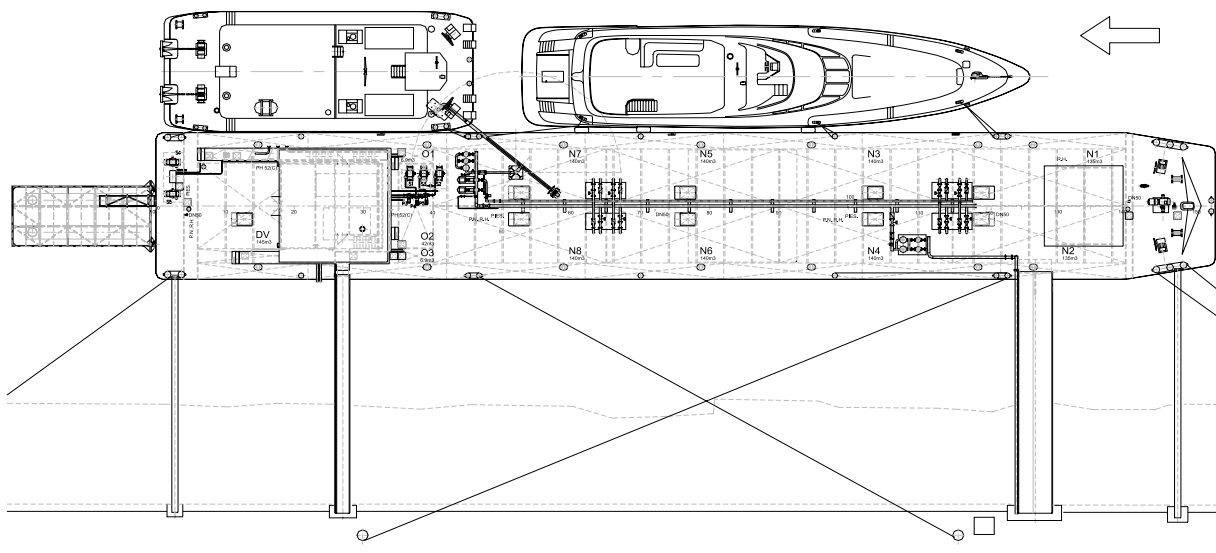
Malovýdaj nafty a benzínu pre malé plavidlá je umiestnený na korme dvojhadicovým stojanom cez dva bubny, prietok 40 l/min.

filling pipe from the bank or tankers has DN 150 central pipe. The control and regulations are performed by servo ball-valves with pneumatic driving. The compressor is located under superstructure in sewage plants compartment.

Technology of lubrication oils and filling and issuing, diesel and petrol issuing for small craft

Lubrication oils of three kinds (2 engine and 1 hydraulic) are issued from three oil pumps with hoses on drums. The oil issue station is located in range fr.No. 35 – 40 over oil tanks O1 – O3. The pipes connections from the bank have DN 80.

The small diesel and petrol issuing for small craft is located on aft with two hoses pumps and drums, capacity of 40 l/min.



Obr. 9 Dispozícia vyviazania terminalu v prevádzke (prístav Bratislava)

Fig. 9 Terminal mooring arrangement in operation (Bratislava port)

Technológia zberu tekutých a pevných odpadov

Zahrňa zber tekutých odpadov (drenážne vody, opotrebované oleje, odlúčené oleje, fekálie) a pevné odpady. Drenážne vody sú z lodí stáčané do tanku drenážnych vôd a odtiaľ vedené do odlučovača ropných látok AS-TOP 3 S1. Výkonnosť cca do 3 l/s záruka koncentrácie pod 5 mg/l s AS-Fibroilom do až do 1 mg/l. Vyčistená voda pôjde za bort do rieky a odlúčené oleje do tanku odlúčených olejov 5 m³. Prikon s čerpadlami cca 1,0 kW.

Fekálie sú odoberané do dvoch vzájomne prepojených fekálnych tankov 2×30 m³. Z pravého fekálneho tanku sú vedené do biologickej čističky odpadových vôd splaškového charakteru AS-ANACOMB 50s výkonnosťou 8 m³/deň. Na výstupe sú garantované nasledovné parametre vyčistenej vody: BSK5 do 20 mg/l, CHSK do 80 mg/l, NL do 20 mg/l, N-NH4 do 15 mg/l. V takom stave je vodu možné viesť za bort (Nar. vlády 242/1993 Zb. z.). Prikon aj s čerpadlami je cca 1,2 kW. Obe čističky sú v uzavretom priestore nadstavby, polozapustené do hlavnej paluby.

Technology of liquid and solid wastes collection

The system contains collection of liquid wastes (bilge waters, used oils, separated oils and black&gray waters) and collection of solid wastes. Bilge waters are collected to the bilge waters tank and from there they are led to the sewage plant – oils separator AS-TOP 3 S1. The separator cleaning capacity is 3 l/s approx. and concentration is maximum 5 mg/l and with AS-Fibroil is max. 1 mg/l. Cleaned water is led overboard and separated oils are led to 5 m³ separated oils tank. Electricity consumption is 1.0 kW approximately.

Black&gray waters from ships are collected in two sewage tanks 2×30 m³. From the starboard tank they are led to a biology sewage plant AS-ANACOMB 50s with a maximal capacity of 8 m³ per day. Cleaned water at the output guarantees the following parameters: BSK5 to 20 mg/l, CHSK to 80 mg/l, NL to 20 mg/l, N-NH4 to 15 mg/l. Water can be led overboard (Gov. decree 242/1993 Zbor.z.). Electricity consumption is 1.2 kW approx. Both sewage plants are

Projekt, dodávka a montáž čistiacich staníc sú predmetom firmy ASIO-SK, s. r. o. Bytča. Odvoz zvyškov a opotrebovanej biomasy sa predpokladá cca raz za mesiac.

Pevné odpady sú ukladané do kontajnerov (KUKA – kontajner) v prístrešku na čele člna. Navrhnuté bolo triedenie pevných odpadov (kapacita cca 6 kontajnerov) a odvoz podľa potreby.

Meracia a registračná časť tankov

Obsahuje kontinuálne meranie hladín, max. stavu 97 % s havarijnou signalizáciou a odpojením čerpania, teploty náplní tankov, systém centrálného riadenia výdaja a stáčania, systém GSM dátovej prípojky pre platobné karty, fakturáciu a diaľkový prenos údajov obslužnej polohy PMO pre centrálné riadenie. Obsluha je sústredená do klimatizovaného velína v kormovej časti lode s dobrým výhľadom na celú palubu.

Protipožiarna sústava plavidla

Základom je centrálna protipožiarna magistrála DN 50 po celej dĺžke plavidla s hadicovými rýchlospojками, napojená na vodovodné potrubie. Na palube sú umiestnené dva požiarné hydranty PH 52(C) s hadicami 20 m, ďalej to je 6 ks penových prístrojov 9L3 protipožiarné súpravy a 3 debny s pieskom a požiarnymi plachtami.

6. Pontón pre malé plavidlá

Výdaj pohonných látok benzínu a nafty pre malé plavidlá umožňuje malý pontón výkyvne a výškovo posuvne uchytený na zrkadle hlavného plavidla. Uchytenie riešia 4 kladky vedené v HEB profiloch. Tým je zabezpečená zhruba konštantná výška voľného boku cca 600 mm pre možnosť pristávania malých plavidiel cca do dĺžky 12 m. Podlaha je po celej ploche vytvorená pororoštami, prístup umožňuje zavesená lávka. Dvojhadicový stojan pre naftu/benzín je umiestnený na hlavnom plavidle. Zemnenie je vyvedené na hlavný čln.

7. Záver

Projekty a stavba plávajúceho terminálu sú spoločným dielom viacerých firiem, ktoré spoločne koordinovali pri vývoji tohto plavidla. Komplexné riešenie a lodná časť boli vyvinuté a vyprojektované na Katedre automobilov, lodí a motorov SJF STU, Bratislava. Kooperáciu výrobných a technologických častí zabezpečoval IDOPS, družstvo Bratislava. Projekty technologických častí plnenia, výdaja

in the closed insulated compartment of the superstructure, half-sank to the main deck.

The project, delivering and mounting of sewage plants were performed by ASIO-SK, s.r.o. Bytča. The pick-up of rests of biomass is approximately once a month.

Solid wastes are collected in KUKA containers in a porch on the fore. The sorting of solid wastes and their removal was designed by requirement.

Measuring and recording systems of tanks

This system includes: continual gauge of the tanks volumes, 97% levels gauge with disconnecting of the pumping, emergency signalization, devices for measuring temperature of tanks contents, system for central controlling of issuing and filling, system for GSM data connection, invoicing and remote data transfer between supply vessel and port head office. The operation is concentrated on the air-conditioned central control station with good outlook over deck.

Firefighting system of the vessel

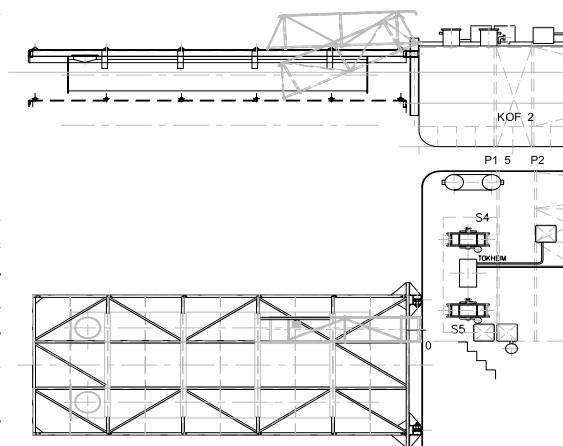
The base is a central firefighting magistrál DN 50 on all length of the deck with hoses connections, pipe is connected with water system. There are two firefighting hydrants PH 52(C) with 20 m hoses, 6 pcs 9 l individual foam extinguisher, 3 firefighting sets and 3 sand boxes with fire sheets on the deck.

6. Pontoon for small craft

The small pontoon connected to main vessel transom enables the filling of small craft with diesel and petrol fuel. Hinge and sliding connection is performed by four pulleys led in HEB profiles. This solution ensures approximately constant 600 mm freeboard of pontoons for mooring of small craft to 12 m length approximately. The deck is made from poro-rosts. The access to pontoon enables the footbridge hanged on the main vessel. The pump with two hoses (diesel and petrol) is located on the main vessel, the grounding is led to the main barge.

7. Conclusions

The projects and building of the floating terminal is a common result of some coordinating companies. The complex project and construction were developed at the Department of cars, ships and engines of the Faculty of Mechanical Engineering in Bratislava. The cooperation of production and technology parts was performed by IDOPS, Bratislava. The projects and documentations of technol-

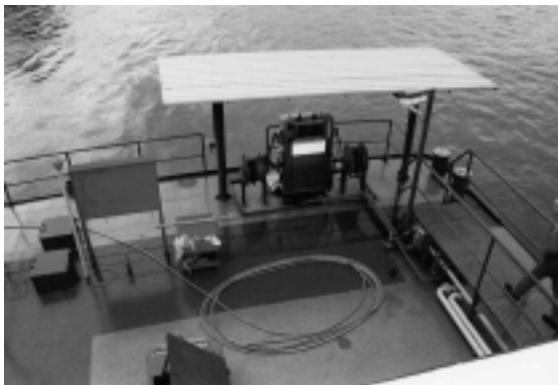


Obr. 10 Vývazový pontón pre malé plavidlá (cca do 12 m)
Fig. 10 Mooring pontoon for small crafts (to 12 m approx.)

a elektro sú dielom firmy EXPRO, Šaľa. Tankovacie rameno dodala firma EMCO WHEATON, Germany, obe čističky sú dodávkou firmy ASIO-SK, Bytča.

Stavbu realizovala firma H.A.W.K., Pezinok-Bratislava, ktorá má dobré skúsenosti so stavbou a rekonštrukciou tankových plavidiel. Investorm celoj akcie a zadávateľom technických podmienok bola Divízia Prístav, Slovenská plavba a prístavy, a. s. Bratislava, kde je aj terminal umiestnený. Dodávateľmi jednotlivých komponentov ako čerpacia technika, armatúry, snímacie a regulačné prístroje a i. je celý rad ďalších firiem. Stavba začala v 10/1999 a v súčasnosti má už za sebou jeden rok prevádzky.

Plavidlo sa takto, okrem poskytovateľa komerčných a zásobovacích služieb, stalo aj významným prínosom pre ochranu životného prostredia a vôd v rajóne rieky Dunaj. Samozrejme, že po doriešení územných konaní nie je problém premiestniť ho a prevádzkovať aj v inej lokalite.



Obr. 11 Čerpacia poloha malých plavidiel
Fig. 11. Pumping position for small crafts,

ogy parts (filling, issuing, measurements, electro) were performed by EXPRO in Šaľa. The marine fuel loader was delivered by the company. EMCO WHEATON, Germany. Both sewage plants are products of the company ASIO-SK in Bytča.

The building is realised by H.A.W.K in Pezinok-Bratislava, the company with good experience with building and reconstruction of tank vessels. The order and technical conditions were submitted by investment company - Port Division of Slovak Navigation and Ports in Bratislava.

The supply vessel is located in Port

Bratislava. Other Slovak companies delivered pumps technology, fittings, detectors control devices and other components. The building of vessel started 10/1999 and the vessel has been in operation for a year.

The terminal as a significant provider of commercial and supply services is a significant benefit for environmental and water protection in the large Danube river area. The supply vessel may be located in any place on the river after the solution of the territorial process.

Literatúra - References

- [1] Rules for classification and building of inland ships (Pravidla pro klasifikaci a stavbu lodí vnitrozemské plavby), Československý lodní register, č. II. Lodní těleso, část VII. Soustavy a potrubí, č. V. Požární ochrana, ČSLR Praha, 1984-1985. (in Czech)
- [2] Klasifikation-und Bauvorschriften Schiffstechnik, Teil 2 Binnenschiffe, Hamburg 1990, Version CD from 1997.
- [3] Economic Commission for Europe, Inland Transport Committee: International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterway (ADN) UN New York & Geneva 1997.
- [4] PATEK, P., BORSKÝ, J.: *Service position PMO (Obslužná poloha PMO, Reconstruction of DEIIb barge, Project of Ship Part, KSL VS-100, HZ 73/99, SjF STU Bratislava, Febr. 2000.* (in Slovak)

Blahoslav Harman – Viktor Ferencey *

VYUŽITIE PSEUDO-STOCHASTICKÉHO MODELU TERÉNU PRE SIMULÁCIU VIBRÁCIÍ A OTRASOV CESTNÝCH DOPRAVNÝCH PROSTRIEDKOV

UTILIZATION OF A PSEUDO-STOCHASTIC MODEL OF TERRAIN IN SIMULATION OF VIBRATIONS AND SNUBBING IN ROAD MEANS OF TRANSPORT

Physical and geometrical properties of environment lead to mathematical models of terrain - vehicle relationship. The basic idea of the presented approach is to construct a two - dimensional function, whose three - dimensional graph has properties similar to the terrain to be modeled. The idea of the paper is expected to be used in simulation of phenomena connected with impacts of vibrations and snubbing to humans as well as on technological factors.

Keywords: Pseudo-stochastic model, terrain, mathematical models, two-dimensional function, three dimensional graph, single components, model function, linear combination, experimental verification.

1. Úvod

Cestujúci v dopravných prostriedkoch sú vystavovaní vibráciám a otrasom, ktoré rôznym spôsobom môžu ovplyvňovať ich zdravotný stav. Záleží pri tom na spôsobe prenosu vibrácií na ľudský organizmus a na fyzikálnych vlastnostiach vibrácií. Pôsobením vibrácií na vodiča dochádza uňho k únave, ktorá ovplyvňuje jeho výkon a reakčné schopnosti, čo zvyšuje taktiež nebezpečie vzniku dopravných nehôd. Pre zmenšenie účinkov vibrácií dopravnej techniky na človeka a zároveň na spätné namáhanie vozovky je potrebné analyzovať dynamické sily medzi kolesami vozidla a povrchom vozovky resp. terénu.

Väčšina mechanických konštrukcií a v ich rámci i motorové vozidlá sú v prevádzke vystavené dynamickým účinkom, ktoré sú spôsobené predovšetkým nerovnosťami povrchu vozovky resp. nerovnosťami povrchu terénu. Analýza uvedených dynamických účinkov má svoje vážne opodstatnenie, pretože významne ovplyvňujú najdôležitejšie prevádzkové a konštrukčné vlastnosti motorových vozidiel. Pretože ku kmitaniu dochádza predovšetkým vplyvom nerovností vozovky, resp. terénu, musíme v prvom rade matematicky popísať tieto nerovnosti [1].

Do súboru kvantitatívnych vyjadrení najvýznamnejších faktorov prevádzky motorových vozidiel patrí matematický model profilu terénu. Vzhľadom na to, že sa automobil pohybuje po nerovnos-

Physical and geometrical properties of environment lead to mathematical models of terrain- vehicle interaction. The basic idea of the presented approach is to construct a two - dimensional function whose three-dimensional graph has properties similar to the terrain to be modeled. The idea of the paper is expected to be used in simulation of phenomena connected with impacts of vibrations and snubbing to humans as well as on technological factors.

Keywords: Pseudo-stochastic model, terrain, mathematical models, two-dimensional function, three dimensional graph, single components, model function, linear combination, experimental verification.

1. Introduction

Passengers in road means of transport are exposed to vibrations and snubbing, which can affect their health conditions in various ways. The process of affection depends on a transmission mode of vibrations to the human organism and on their physical properties. Due to the effect of vibrations the driver is faced to fatigue which is followed by his performance of driving skill and reaction abilities. As a consequence a risk of road accident is increased. In order to depress the road transport means vibration effects to the human as well as to the road endurance, it is necessary to analyze the dynamic forces between vehicle wheels and a roadway surface or terrain.

The most of mechanical constructions are exposed to dynamical impacts during a process of their running. In case of motorcars those impacts are caused by roadway or terrain undulations. The above-mentioned dynamical effects essentially affect the most important operating and construction properties of road means of transport; hence an analysis of them is well founded. Because sources of vibrations are mainly the roadway or terrain undulations, it is necessary, first of all, to describe them mathematically [1].

A mathematical model of a shape of terrain belongs to the basic set of theoretical tools connected to the study of motorcars operation. As the vehicle is moving on the roadway or terrain having

* Blahoslav Harman, Viktor Ferencey

Department of Mathematics, Department of Automobiles, Ships and Internal Combustion Engines, Faculty of Mechanical Engineering, Slovak University of Technology, Bratislava, E-mail: harman@sjf.stuba.sk, ferencey@sjf.stuba.sk

tiach, ktoré majú náhodný charakter, je potrebné aplikovať stochastické prístupy k určovaniu profilu povrchu vozovky prípadne terénu. V príspevku je dokumentovaný postup vytvorenia pseudo-stochastického modelu profilu terénu, ktorý je využiteľný pre operatívnu simuláciu interakcie vozidla s povrchom vozovky, resp. terénu.

2. Súčasné prístupy k matematickému popisu profilu terénu

V súčasnosti existuje niekoľko metód pre vytvorenie matematického modelu jazdnej dráhy pre motorové vozidlá [3]. Jednou z často preferovaných metód je zjednodušená metóda popisu terénu v smere jazdy vozidla a vo zvislej rovine. Zjednodušenie popisu profilu terénu spočíva v predpoklade, že pri prekonávaní nerovností plošného a dĺžkového charakteru je ich profil v priečnom smere rovnaký a bez markantných zmien. Pre popis profilu terénu sa používa určité „vyhladenie terénu“, ktoré spočíva v:

- Popise profilu pomocou uzlových bodov so súradnicami (x_i, y_i) .
- Nahradení profilu terénu medzi uzlovými bodmi buď interpolačnou funkciou prechádzajúcou uzlovými bodmi, alebo aproximačnou funkciou, získanou z uzlových bodov. Takto získaný matematický popis profilu terénu je ukázaný na obrázku 2.1.

2.1. Nahradenie profilu terénu lineárnou interpoláciou

Profil terénu sa delí na čiastkové úseky tak, aby v každom boli dva uzlové body, jeden na začiatku a druhý na konci úseku. Priebeh terénu medzi uzlovými bodmi je nahradený úsečkou, ktorá uzlové body spája. Pri vhodne zvolených vzdialenostiach medzi uzlovými bodmi vzhľadom na skutočný profil terénu je možné dosiahnuť minimálne rozdiely medzi skutočným a vypočítaným profilom.

2.2. Nahradenie profilu terénu kvadratickou interpoláciou

Priebeh terénu medzi tromi uzlovými bodmi každého čiastkového úseku je nahradzovaný kružnicou, ktorá prechádza všetkými uzlovými bodmi. Po vypočítaní súradníc ľubovoľného bodu kružnice je potrebné matematicky určiť, ktorá časť kružnice bude využiteľná. V prípade členitého terénu dochádza k veľkým rozdielom medzi skutočným a nahradeným profilom terénu v oblastiach náhlych zmien skutočného profilu. Tento nedostatok sa dá zmieriť vhodnou voľbou uzlových bodov. Interpoláčnou krivkou môže byť kvadratická parabola. Pri použití paraboly vo všeobecnej polohe by bolo potrebné vykonať transformáciu súradníc pre každú para-

random characteristics, it is necessary to apply stochastic-oriented approaches and methods. The aim of the paper is to present one of the possible approaches of pseudo-stochastic model of terrain. It can be used in process of vehicle-terrain or vehicle-roadway interaction simulation.

2. Contemporary approaches in mathematical description of profile of terrain

In the present time there exist several methods of setting up a mathematical model of motor-car roads [3]. One of them, quite often used, is a simplified method of terrain description in which a vehicle is moved in a vertical plane belonging to the trajectory of movement. This construction is based on an assumption that transverse balances caused by vehicle movement, connected to the undulations overrunning, are constant and without notable variations. Moreover, the profile of terrain is 'smoothed'. The nature of this smoothing lies in:

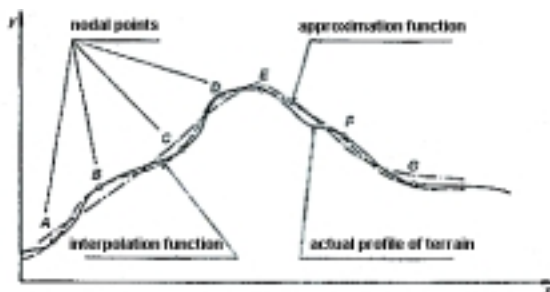
- Description of terrain using nodal points having coordinates (x_i, y_i) .
- The real terrain behavior between each two neighbor nodal points is replaced by an interpolation function identical with terrain in nodal points, or profile of terrain is replaced by an approximation function driven from the nodal points. The above-mentioned mathematical description of terrain profile is shown in figure 2.1.

2.1. Replacement a terrain profile using linear interpolation

A profile of terrain is divided into partial segments, each of them contains two nodal points. The real course of terrain is replaced by abscissa connecting the neighbor nodal points. If the distances between the nodal points are appropriately chosen, then it is possible to obtain a sufficiently small difference between a real and a modeled terrain behavior.

2.2. Replacement a terrain profile using quadratic interpolation

A profile of terrain is divided into partial segments, each of them contains three nodal points. A real course that corresponds to three neighbor nodal points is replaced by a circle going through them. In case of very rangy terrain a large difference between reality and its interpolation is obtained. The situation in areas of abrupt terrain changes is especially unfavorable. This drawback is possible to reduce by choosing suitable nodal points. Instead of circle a parabolic interpolation can be used. From a general point of view, such interpolation depends on the coordinate system. Use of parabolas whose axes are, e.g. parallel to the axis x , (the meaning of the axes



Obr. 2.1 Matematický popis profilu terénu
Fig. 2.1 Mathematical description of terrain profile

bolu. Pri použití paraboly s osou rovnobežnou s osou „x“ súradného systému dochádza k značným rozdielom (odchýlkám) oproti profilu skutočného terénu. Z tohto dôvodu sa používa ako interpolačná krivka parabola s osou rovnobežnou s osou „y“ súradného systému. Interpolácia profilu terénu pomocou ostatných kuželosečiek, t. j. elipsou, prípadne hyperbolou sa ukázala ako nevhodná. Dôvodom je skutočnosť, že pre nahradenie skutočného profilu terénu elipsou alebo hyperbolou je potrebné uvažovať minimálne so 4 uzlovými bodmi terénu. Tieto body však nemusia vždy vyhovovať rovnici elipsy či hyperboly. Praktické skúsenosti potvrdzujú, že nahradenie profilu terénu pomocou kružnice je najmenej vhodné. Interpolácia parabolami je vhodná pre úseky s pravidelne sa opakujúcim profilom.

2.3. Nahradenie profilu terénu Lagrangeovým a Newtonovým polynómom

Profil terénu sa rozdelí na čiastkové úseky tak, aby v každom bolo „ $n-2$ “ uzlových bodov, kde „ n “ je použitý stupeň polynómu. Profil terénu medzi uzlovými bodmi v čiastkovom úseku je nahradený Lagrangeovým polynómom stupňa „ n “, ktorý v uzlových bodoch nadobúda zadané hodnoty. Medze úseku sa volia mimo prvý a posledný uzlový bod preto, aby bola zabezpečená nadväznosť vypočítaného profilu čiastkových úsekov. Lagrangeov polynóm má tvar:

$$P_n(X) = \sum_{k=0}^n Y_k B_k(X), \quad (2.1)$$

kde:

$$B_k(X) = \frac{(X - X_0)(X - X_1) \dots (X - X_{k-1})(X - X_{k+1}) \dots (X - X_n)}{(X_k - X_0)(X_k - X_1) \dots (X_k - X_{k-1})(X_k - X_{k+1}) \dots (X_k - X_n)} \quad (2.2)$$

Okrem Lagrangeovho polynómu sa nahradzuje profil terénu Newtonovým polynómom. Počet uzlových bodov sa volí „ $n-2$ “ pre každý čiastkový úsek profilu. Prítom prvý bod, ktorým býva prekladaný interpolačný polynóm leží na začiatku úseku, „ $n-2$ “ bod leží na konci úseku.

Polynóm je prekladaný „ n “ bodmi a „ n “ je súčasne stupeň polynómu. Newtonov polynóm pre interpoláciu v čiastkových úsekoch s ekvidistančnými hodnotami má tvar:

$$S_n(X) = Y_1 + \frac{\Delta^1 y_1}{h} (X - X_1) + \frac{\Delta^2 y_1}{2h^2} (X - X_1)(X - X_2) + \dots + \frac{\Delta^n y_1}{n!h^n} (X - X_1)(X - X_2) \dots (X - X_{n-1}), \quad (2.3)$$

kde $\Delta^k y_1$ je možné všeobecne definovať diferencie vzťahom:

$$\Delta^k y_1 = Y_k - \binom{k}{1} Y_{k-1} + \binom{k}{2} Y_{k-2} - \dots + (-1)^k Y_1 \quad (2.4)$$

v ktorom:

$$\binom{k}{i} = \frac{k!}{i!(k-i)!} \quad (2.5)$$

Interpolácie Lagrangeovým polynómom a Newtonovým polynómom sa úspešne používajú pre úseky terénu s plynulými zmenami. Taktiež je úspešné ich použitie v úsekoch s pravidelne sa opakujúcim profilom. Ale pre úseky s náhlymi zmenami ako napr. zlomy

x and y is the same as in fig. 2.1.) the result is not sufficiently satisfying. The approach in which the parabolas, whose axes are parallel to the axis y gives better results. The interpolation based on the use of other quadratic curves (ellipse or hyperbola) has shown to be unsuitable. The main reason for this statement is the fact that we should work with four neighbor nodal points which correspond to one segment. The chosen one requires to satisfy a relatively complicated condition - there exists a quadratic curve passing through them. With respect to practical experience it is possible to say that even an interpolation based on the use of circles is not an acceptable one. Concerning the parabolas, the method is relatively acceptable when a part of the terrain profile is regularly repeated.

2.3. Replacement a terrain profile using Lagrange and Newtonian polynomial

Terrain profile is divided into segments, each of them contains $n-2$ nodal points. Integer number n is a degree of a polynomial to be used. A behavior of terrain on each single segment is replaced by Lagrange polynomial passing through corresponding nodal points. In order to assure the join between neighbor segments, the borders of each segment are chosen out of a first and last nodal point. The form of a Lagrange polynomial is the following:

$$P_n(X) = \sum_{k=0}^n Y_k B_k(X), \quad (2.1)$$

where:

$$B_k(X) = \frac{(X - X_0)(X - X_1) \dots (X - X_{k-1})(X - X_{k+1}) \dots (X - X_n)}{(X_k - X_0)(X_k - X_1) \dots (X_k - X_{k-1})(X_k - X_{k+1}) \dots (X_k - X_n)} \quad (2.2)$$

Besides the Lagrange polynomial replacement of profile of terrain, the replacement using Newtonian polynomial of the n -th degree is used. For each segment $n-2$ equidistantly spread nodal points are used. The first nodal point is placed at the beginning of a segment and an $(n-2)$ -th one at the end of segment. The form of Newtonian interpolation polynomial for equidistant values in each single segment is as follows:

$$S_n(X) = Y_1 + \frac{\Delta^1 y_1}{h} (X - X_1) + \frac{\Delta^2 y_1}{2h^2} (X - X_1)(X - X_2) + \dots + \frac{\Delta^n y_1}{n!h^n} (X - X_1)(X - X_2) \dots (X - X_{n-1}), \quad (2.3)$$

where $\Delta^k y_1$ difference is possible to define the used general formula

$$\Delta^k y_1 = Y_k - \binom{k}{1} Y_{k-1} + \binom{k}{2} Y_{k-2} - \dots + (-1)^k Y_1 \quad (2.4)$$

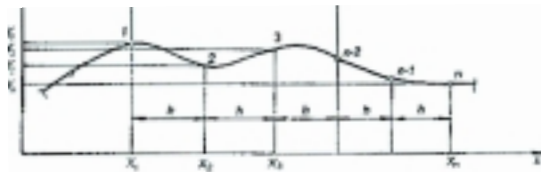
in which

$$\binom{k}{i} = \frac{k!}{i!(k-i)!} \quad (2.5)$$

The expressions $i!$, $k!$ represent combinatorial numbers.

Interpolations realized by means of Lagrange and Newtonian interpolations are successfully applicable especially in situations when terrain waves are smoothly changing or when a shape of

a pod., nie je vhodné aplikovať interpolácie Lagrangeovým resp. Newtonovým polynómami. Interpolácia Newtonovým polynómom sa i cez požadované ekvidistančné rozloženie uzlových bodov ukazuje ako jedna z najčastejšie používaných metód interpolácie profilu terénu.



Obr. 2.2 Interpolácia Newtonovým polynómom
Fig. 2.2 Interpolation by Newton polynomial

terrain segments is periodically repeated. The use of the above mentioned methods is not suitable in case of terrain having abrupt changes, breaks, etc. For all that, they are ones of the most often methods used in an analysis based on a terrain interpolation.

2.4. Nahradenie profilu terénu nelineárnou aproximáciou

Východiskovými údajmi pre výpočet sú zadané súradnice uzlových bodov profilu terénu. Úsek terénu je rozdelený na čiastkové úseky tak, aby v každom bolo „ $n-2$ “ uzlových bodov, kde „ n “ je počet uzlových bodov pre výpočet aproximačnej funkcie. Profil terénu medzi uzlovými bodmi je nahradený aproximačnou funkciou tak, aby súčet štvorcov odchýlok od uzlových bodov bol minimálny. Ako aproximačná funkcia sa používa algebraický polynóm „ r -tého“ stupňa v tvare [2]:

$$P_r(x) = a_0 + a_1x^1 + \dots + a_rx^r. \quad (2.6)$$

Koeficienty $a_0, a_1, \dots, a_r$ sa vypočítavajú obvyklým spôsobom zo sústavy rovníc. Medze úsekov sú volené mimo prvý a posledný preto, aby bola zabezpečená nadväznosť vypočítaného profilu čiastkových úsekov. Pri nelineárnej aproximácii metódou najmenších štvorcov rozptyl a priemerná odchylka bývajú pomerne malé. Z tohto je zrejmé, že i keď je zachovaný celkový charakter terénu, tento spôsob aproximácie dáva taktiež iba približné hodnoty.

3. Pseudostochastický model terénu

Ďalší možný prístup je založený na analyticky definovanej funkcii. Základnou myšlienkou je konštrukcia takej funkcie dvoch premenných $z = f(x, y)$, ktorej graf má vlastnosti podobné vlastnostiam modelovaného terénu. Takáto funkcia môže byť vytvorená ako lineárna kombinácia (superpozícia) „štrukturálnych“ zložiek, ktoré reprezentujú jednotlivé druhy členitosti terénu (terénne vlny, nerovnosti vozovky, drsnosť povrchu s ktorým je vozidlo v kontakte a pod.). Kvantitatívnu mierou váhy jednotlivých zložiek sú hodnoty koeficientov tejto lineárnej kombinácie. Z charakteru modelu je zrejmé, že stačí uvažovať len lineárne kombinácie s kladnými koeficientmi. Modelová funkcia $f(x, y)$ má teda tvar

$$f(x, y) = \sum_{k=1}^N a_k f_k(x, y). \quad (3.1)$$

Ak tvar grafu tejto funkcie má zodpovedať modelu reálnej situácie, potom je zrejmé, že jednotlivé štrukturálne zložky musia mať diametrálne odlišné dvojrozmerné spektrá a hodnoty k nim zodpovedajúcich koeficientov lineárnej kombinácie budú taktiež rádoovo odlišné. Kvôli prehľadnosti je vhodné postupnosť funkcií $f_1(x, y), f_2(x, y), \dots, f_N(x, y)$ voliť od nižších (pomaly sa meniace funkcie – napr. terénne vlny) spektrier k vyšším. Je zrejmé, že v takomto prípade budú koeficienty $a_0, a_1, \dots, a_n$ tvoriť rýchlo klesajúcu postupnosť.

2.4. Replacement a terrain profile using nonlinear approximation

The input data used in analysis are coordinates of the terrain nodal points. The whole range of terrain is divided into partial segments, each of them contains $(n-2)$ nodal points. An approximation function is driven from n points using the root mean square method. It is chosen among the class of r -degree ($r < n$) polynomials [2]. Such polynomial can be expressed in a form

$$P_r(x) = a_0 + a_1x^1 + \dots + a_rx^r \quad (2.6)$$

The coefficients $a_0, a_1, \dots, a_r$ are computed in a usual way based on a solution the system of linear algebraic equations. Analogously to the preceding case, in order to assure the join between the neighbor segments, the borders of each segment are chosen out of a first and last nodal point.

3. Pseudo-stochastic model of terrain

Further possible approach is based on the analytically defined function. The basic idea is to construct a two-dimensional function $z = f(x, y)$, whose three dimensional graph has properties similar to the terrain to be modeled. Such a function can be created in the form of a linear combination (superposition) of “structural” components, which represent single types of ranginess of terrain (terrain waves, undulation of the pavement, etc.) The quantitative measure of importance of single components is proportional to the values of coefficients of the above mentioned linear combination. Due to the nature of model, it is easy to see that the positive coefficients can be assumed. Hence, the model function $f(x, y)$ is of the form

$$f(x, y) = \sum_{k=1}^N a_k f_k(x, y) \quad (3.1)$$

As the shape of the graph of this function should correspond to the model of a real situation it is evident that the two-dimensional spectrums of single structural components have to be diametrically different. Moreover, the corresponding coefficients of a linear combination have to be different in order of magnitude. For the analysis to be more transparent, it is suitable to order the sequence of functions $f_1(x, y), f_2(x, y), \dots, f_N(x, y)$ having from lower (the slowly changing functions – e.g. terrain waves) spectrums to the higher ones. Evidently, the sequence $a_0, a_1, \dots, a_n$ of coefficients will be rapidly decreasing.

Z matematického hľadiska spomenieme dva spôsoby možnej konštrukcie modelovej funkcie $f(x, y)$.

V prvom prípade sa definujú jednotlivé zložky $f_1(x, y), f_2(x, y), \dots, f_N(x, y)$ individuálne. Tento prístup je pomerne náročný, pretože analýza musí vychádzať z podrobnej znalosti globálnej topologickej štruktúry konkrétneho modelovaného terénu.

Druhý prístup je založený na zavedení vhodnej základnej deterministickej funkcie $\varphi(x, y)$ s dostatočne stochastickým chovaním. Jednotlivé zložky $f_k(x, y)$ definujeme v tvare

$$f_k(x, y) = \varphi(\lambda_{kx}, \mu_{ky}), \text{ pričom } 0 < \lambda_1 < \lambda_2 < \dots < \lambda_N, \\ 0 < \mu_1 < \mu_2 < \dots < \mu_N. \quad (3.2)$$

Vhodným príkladom je funkcia definovaná nasledovne:

$$\varphi(x, y) = \cos(2\cos(0.111x)) + \sin(3\cos(0.201y)) + 0.5\alpha_1(x, y) \alpha_2(x, y) + 0.1(\alpha_1(x, y) + \alpha_2(x, y)) \quad (3.3)$$

kde:

$$\alpha_1(x, y) = 0.4\cos(2\sin x + 3\sin y) + 0.5\cos(0.5\cos(7\sin x + 3) + 0.49\sin(3\sin(5\sin y))) \quad (3.4)$$

$$\alpha_2(x, y) = 1.2\sin(5\sin x - 6\sin y + \cos x \sin y) + 0.8\sin(\cos(5\sin x \cos 3y - \cos(x + y) - 4)) + 0.1\cos(x - y)$$

Pre simuláciu pohybu vozidla má funkcia $f(x, y)$ principiálny význam. Za účelom názornej demonštrácie prezentovanej metódy bol s využitím programovacieho jazyka Borland Pascal 7 spracovaný experimentálny program TERPOH4 pri použití nasledovných rámcových geometrických a technických parametrov:

- Uvažované vozidlo je trojnápravové s dvoma skĺbenými nezávislými plošinami.
- Rovina prednej resp. zadnej plošiny je určená strednou hodnotou okamžitej výšky stredných kolies a jednotlivými výškami predných resp. zadných kolies.
- Vzdialenosť medzi strednou a prednou nápravou je zhodná so vzdialenosťou medzi strednou a zadnou nápravou.
- Šírka a dĺžka vozidla sú voliteľné.
- Vozidlo sa pohybuje v rovine x, y po voliteľnej priamke v rámci voliteľného rovinného výseku s voliteľným ekvidistančným krokom.
- Modelom terénu je trojrozmerný graf $f(x, y)$ funkcie vytvorený pomocou vyššie uvedenej ilustračnej funkcie $\varphi(x, y)$ s parametrom $N = 2$ a voliteľnými koeficientmi a_1, a_2 .
- Program umožňuje získať orientačnú predstavu o tvare modelovaného terénu znázornením grafu funkcie $f(x, y)$ pomocou farebne odlišených vrstevníc s voliteľným krokom.
- Naklonenie jednotlivých plošín je farebne odlišené a jeho dynamiku je možno priebežne sledovať znázornením koncových bodov ich jednotkových normálových vektorov so začiatočným bodom v strede vozidla.

Experimentálne počítačové overenie prezentovanej metódy ukazuje, že na nej založená simulácia pohybu vykazuje dostatočne stochastické chovanie. Zacyklenie výstupu alebo náznaky periodicity sa neobjavili ani pri mnohonásobne opakovanej simulácii pri

From the mathematical point of view let us mention two possible approaches of the model function $f(x, y)$ construction.

In the first case the single components $f_1(x, y), f_2(x, y), \dots, f_N(x, y)$ are defined individually. This a little bit demanding approach requires having a detailed information concerning the global topological structure of the specific modeled terrain.

The second approach is based on assuming the appropriate fundamental deterministic function $\varphi(x, y)$ having sufficiently pseudo-stochastic behavior. The single components are $f_k(x, y)$ defined in the form

$$f_k(x, y) = \varphi(\lambda_{kx}, \mu_{ky}), \text{ where } 0 < \lambda_1 < \lambda_2 < \dots < \lambda_N, \\ 0 < \mu_1 < \mu_2 < \dots < \mu_N. \quad (3.2)$$

The following function is a suitable example:

where

Importance of the function $f(x, y)$ in vehicle simulation purposes is the principal one. In order to demonstrate transparently the described method, a special experimental computer program in programming language Borland Pascal 7 developed. The following frame geometric and technical parameters are used:

- A tree-axle vehicle with two independent joint platforms is assumed.
- The front platform plane is determined by the mean value of the height of central axle wheels and by the height of the front axle wheels. The rear platform plane is determined in an analogue way.
- Distances between central and front axles and central and rear axles are the same.
- The width and length of vehicle are optional.
- The vehicle moves in the x, y plane along an optional straight line, inside an optional plane segment. The scanning step is equidistant.
- The model of the terrain is represented by a three-dimensional graph of the function $f(x, y)$ generated by means of the above mentioned illustrative function $\varphi(x, y)$ having parameter and optional coefficients a_1, a_2 .
- In order to obtain an orientation vision about the shape of the modeled terrain, the graph of the function $f(x, y)$ can be imaged. The color-distinguished contour lines with optional steps are used.
- The slope of the single platforms is color-distinguished. It is possible to observe their time dynamics by means of the end points of the normal vectors. The original point of vectors is fixed to the center of vehicle.

An experimental verification of the presented method demonstrates that behavior of the corresponding simulation is sufficiently stochastic. Cycling or periodicity indications did not occur after

rôznych počiatočných podmienkach. Treba však poznamenať, že experimenty boli realizované na stredne výkonnej výpočtovej technike. Prípadné vyššie uvedené simulačné artefakty je možné teoreticky anulovať v ľubovoľnej miere s využitím metód ergodickej teórie. V prípade pozitívneho ohlasu odbornej verejnosti, prezentovaný príspevok môže byť podnetom pre ďalší výskum v oblasti modelovania a simulácie.

4. Záver

V súčasnosti sa uprednostňujú matematické modely terénu, ktoré sú založené na analyticky definovanej funkcii a ktoré môžu kombinovať sklon, druh a stav terénu resp. vozovky, t. j. nerovnosti mikroprofilu a makroprofilu povrchu terénu súčasne s kvalitou povrchu terénu. Takto spracovaný model dobre vyhovuje simuláciám dynamického namáhania motorového vozidla za jazdy a simuláciám namáhania agregátov hnacieho mechanizmu vozidla. Kvalitný matematický model terénu resp. vozovky spoločne so základnými konštrukčnými vlastnosťami motorového vozidla, výkonnými parametrami a parametrami hospodárnosti vozidla potom slúžia pre vypracovanie prevádzkového spektra zaťaženia hlavných agregátov motorového vozidla. Príspevok dokumentuje postup pri tvorbe pseudostochastického modelu terénu, ktorý umožní operatívne priblížiť výsledky simulácií dynamického namáhania k výsledkom reálneho namáhania v skutočnej prevádzke motorového vozidla. Pre komplexné riešenie vplyvu nerovností vozovky na vibrácie a otrasy dopravných prostriedkov je potrebné doplniť v príspevku popisovaný matematický model profilu terénu o riešenie otázok štatistických vlastností nerovností povrchu vozovky, resp. terénu.

multiple repeated simulations using various initial conditions. However, it is necessary to notice that the experiments were executed using a moderate-powerful computer. In case of necessity it is theoretically possible to depress the above mentioned simulation drawbacks under an arbitrary low level by application of ergodic theory tools. If the presented contribution is positively accepted, it can become a source of inspiration and further development in the field of modeling and simulation

4. Conclusion

Nowadays, mathematical models based on analytically defined functions are preferred. They allow describing various combinations of geometric characteristics such as a slope, type and state of terrain, undulation or microstructure of a road surface and many other qualitative and quantitative parameters. The above mentioned classical way of modeling is satisfactory for simulation of dynamical strain of vehicle-construction during its drive operation and for simulation of strain of its motive aggregates. The qualitative mathematical model of terrain or roadway surface in conjunction with a set of main technical characteristics of motorcar enables to predict expectable operational properties and efficiency parameters. Using stochastic approach presented in the paper it is possible to take into account an incomparably wider spectrum of potential terrain attributes and consequently gain a broad spectrum of results. Due to the probabilistic nature of vibrations and snubbing it is the only way how to simulate them. On the other hand, this approach is a challenge for research oriented into the area of statistical properties of terrain and, from the theoretical point of view, the challenge for development of new methods of construction of special mathematical structures having a priori expected probabilistic behavior.

Literatúra – References

- [1] BEKKER, M., G.: *Introduction to Terrain - Vehicle Systems*. The University of Michigan Press, Michigan, 1969.
- [2] ELLIS, J., R.: *Vehicle Dynamics*. Business Books Limited. London, 1985.
- [3] VLK, F.: *Dynamika motorových vozidel*. Nakladatelství a vydavatelství VLK. 1. vydání, ISBN 80-238-5273-6. Brno, 2000

Roman Marcinkowski *

POSUDZOVANIE KVALITY ČASOVÝCH PLÁNOV STAVIEB

QUALITY ASSESSMENT OF CONSTRUCTION SCHEDULES

Príprava časových plánov je tvorivá činnosť. Podľa predstavivosti a vynaliezavosti rôznych riešiteľov sa môžu vytvoriť rôzne verzie plánov rovnakého projektu. Potom je potrebné sa pýtať, ktorý plán je najlepší, s ktorým scenárom vykonania prác je účinok prác navrhnutých riešiteľov najvýhodnejší. Tento článok uvádza formalizovanú metódu posudzovania kvality navrhnutých časových plánov. Jej metodický základ je založený na modeli procesu plánovania výroby v stavebnej výkonnej jednotke. Posúdenie plánu je vzťahnutie na absolútnu stupnicu (v intervale $\langle 0,1 \rangle$) a je objektívizované s využitím nákladov na stredné straty pri realizácii.

Preparing a schedule is a creative activity. Depending on the planner's imagination and inventiveness different visions of the plan of the same project are created. At this stage it is worth asking which plan is the best, with which scenario for the works execution the effect of the contractor's construction operation is the most desirable. This article presents a formalized method of construction schedules' quality assessment. Its methodical basis is constituted by the model of production scheduling process in a construction execution unit. The assessment of schedules is referred to the absolute scale (in interval $\langle 0,1 \rangle$) and is objectified using the costs of realization means outage.

1. Introduction

Schedule is a tool of material and time planning. In present times, in construction production planning, a computer with selected software for planning and controlling the project execution is used to prepare schedules. It allows constant updating of the vision of the operations, monitoring the progress of works, the engagement of resources, and an assessment of the effects.

Computer planning technique enables experimenting on models. The set of tasks defined by the organizer – planner can be modified in many different ways, thus generating different scenarios for the operations. Preparing a schedule is a creative activity. Depending on the planner's imagination and inventiveness different visions of the plan of the same project are created. At this stage it is worth asking which plan is the best, with which scenario for the works execution the effect of the contractor's construction operation is the most desirable. The answer to this question poses certain difficulties. Production schedules, and project schedules can be assessed using different criteria [1]. The criteria are a set of preferences, whose parts are most often mutually contradictory. In this case it is necessary to combine the criteria using usability functions or employing the technique of reaching compromise evaluations.

It must be stated that in the case of real production programs of construction execution units it is not possible to create optimal schedules in the exact meaning of the word. However, for each prepared production schedule it is possible to devise characteristics enabling its value assessment. In order to compare a few schedules

a synthetic assessment index is required, which is always disputable because it is defined on the basis of partial characteristics.

This article will present a formalized method of construction schedules' quality assessment. Its methodical basis is constituted by the model of production scheduling process in a construction execution unit. The assessment of schedules is referred to the absolute scale (in interval $\langle 0,1 \rangle$) and is objectified using the costs of realization means outage.

2. Model of the scheduling process

Planning, in order to be concrete and reliable, must be based on real data. These data concern work consumption of construction processes as well as material and prefabricated units consumption, which are termed, in construction terminology, the resources input. In order to manage the resources we need to know their reliably defined input. In construction production planning practice is used a catalog construction database of material input KNR, enabling a computer cost calculation of construction works and computer project planning. For each task and construction project, whose technologies of work processes execution and their scope are known, one is able to determine the resource input for their realization in a relatively quick and reliable (which is the most important) way. The only problem is employing the information in managing the resources, allocating the resources to tasks, and defining the deadlines for works realization. All this is the subject of harmonizing construction production. Let us present a model of the scheduling process created with the use of a computer technique utilizing a catalog database of material input.

* Roman Marcinkowski Ph.D.

Institute of Military Engineering, Military University of Technology, Warsaw, Tel.: (48-22) 683-91-41, E-mail: romanm@sec.polbox.pl

Let us assume that all the catalog database tasks make up the set $O = \{o_1, o_2, \dots, o_i, \dots, o_I\}$. For each task is determined a quantity survey unit j_i ($i = 1, 2, \dots, I$) and the usage of the material input – resources. Let us also assume that the resources constitute the set: $S = \{s_1, s_2, \dots, s_k, \dots, s_K\}$, in which the r of the first numbers constitute active resources. The remaining resources in set S are passive resources. We can further assume that the register of the active resources names makes up the subset: and the names of the passive resources constitute the subset: $S^b = \{s_1^b, s_2^b, \dots, s_q^b, \dots, s_Q^b\}$. The resource input per task unit is characterized by:

- labor consumption of the tasks defined in matrix $N = [n_{ik}]_{I \times K}$ by parts n_{il} for $l = 1, 2, \dots, r$, representing the resource consumption $l : s_l \in S^a$ per task realization unit $i : o_i \in O$.
- passive resource consumption defined in matrix $N = [n_{ik}]_{I \times K}$ by parts n_{il} for $q = r + 1, r + 2, \dots, K$, representing the resource consumption $q : s_q \in S^b$ per task realization unit $i : o_i \in O$.

The active resources found in the database of tasks should help characterize the *production potential of the tasks' contractor* (or the contractors), defining their "state of possessions." Let us assume, for the sake of generality, that we will be considering many "contractors" and that for each of them we will be examining the quality of the schedule, of course as it relates to the given contractor. Such an approach is necessitated by the planning and construction realization practice. In any construction process are engaged many subjects – construction execution units, for which the issue of scheduling quality is a separate problem. Obviously, there is also a problem of global assessment – of harmonizing the work for all the contractors.

Let us assume that in the model the contractors constitute set $R = \{r_1, r_2, r_z, \dots, r_Z\}$. The contractors' state of possessions will be described by matrix $P = [p_{zi}]_{Z \times r}$, in which p_{zi} will determine the amount of the l -th resource in the z -th organizational unit of the set of contractors. Sets S , O , R and matrixes N , P , and the unitary vector J constitute a computer database, which is very useful for planning analysis in organizing the operations. A block algorithm of organizational proceedings with computer facilitation is presented in fig. 1. In the process presented there one can distinguish three stages:

- *the assessment of the labor consumption and of the material needs* to carry out the tasks planned for realization;
- *harmonizing the operations* along with an assessment of the needs as to the means of the operations;
- *planning the use of the contractors' production potential* (examination of loading and reserves in the active resources work).

It is not difficult to carry out the first two stages using the existing computer programs (programs for analyzing the input, cost calculation, planning and controlling the project realization). Commonly used in construction, the technique of transmitting data from one application to another allows conducting the primary analysis of the operation's plan, that is tasks' realization schedule, efficiently and reliably.

The task database helps to quickly define the kind (set O^k) and the scope (vector J^k) of works in the discussed projects and

of the automation of material input calculation for their execution. Defined by the planner, set O^k , vector J^k and the calculated inputs- $N_k = [n_{ik}^k]_{I^k \times K}$; of work consumption n_{il}^k ($l = 1, 2, \dots, r$); of passive resources usage - n_{iq}^k ($q = r + 1, r + 2, \dots, K$), constitute an indirect database for the task scheduling stage. On their basis the set of harmonized tasks O^h is created, and the resource input is calculated for a newly defined task structure.

In this procedure are created subsets Y_i ($i = 1, 2, \dots, I^h$) of set O^k . Each of subset determines the labor consumption and the usage of a passive harmonized tasks input (of set O^h). The labor consumption for these tasks (consuming the hours of work of the people and equipment), in the case of determining the composition of the execution team, is a decisive factor for the tasks deadline t_i :

$$t_i = \max_{l \in S^a} \frac{n_{il}^h}{x_{il}} \quad \text{for } z : o_i^h \in O^h \quad (1)$$

where: n_{il}^h – the labor consumption of the i -th task in relation to the l -th ($l : s_l \in S^a$),

$\bar{x}_{il}$ – the amount of resources of the l -th type directed to realizing the i -th task.

In the case of defining time $\bar{t}_i$, the amount of the needed active resources is generated:

$$x_{il} = \frac{n_{il}^h}{\bar{t}_i} \quad \text{for } i : o_i^h \in O^h, l : s_l \in S^a \quad (2)$$

However, if the composition of the execution team has been determined – $\bar{x}_{il}$ and the time of task execution – $\bar{t}_i$, it is possible to calculate the maximum task labor consumption:

$$\bar{n}_{il}^h = \bar{x}_{il} \cdot \bar{t}_i \quad \text{for } i : o_i^h \in O^h, l : s_l \in S^a \quad (3)$$

If this labor consumption is lower than the one required, the chosen values need to be verified, so that:

$$\bar{n}_{il}^h \geq n_{il}^h \quad \text{for } i : o_i^h \in O^h, l : s_l \in S^a \quad (4)$$

Both the task and resource input are visualized in time scale, after the deadlines, time, and the mutual dependence of tasks are defined, generating the task execution and resource needs schedule. A generated schedule gives an overview of the sequence and timing of the operations execution. It lacks, however, any insight into the contractors' efforts towards these tasks. For this end, a dual analysis of the operations plan is used.

3. Planning the contractors' resources usage

Creating work schedules of each of the contractors' resources is a relatively problematic task, when conducted with the use of the commonly known applications. The programs for project planning exhibit certain flaws in this respect. If, for example, it is possible to monitor the labor consumption of the resources, at this particular stage of the program's work, there is no way of defining the tasks for the contractors. This problem can be solved as follows.

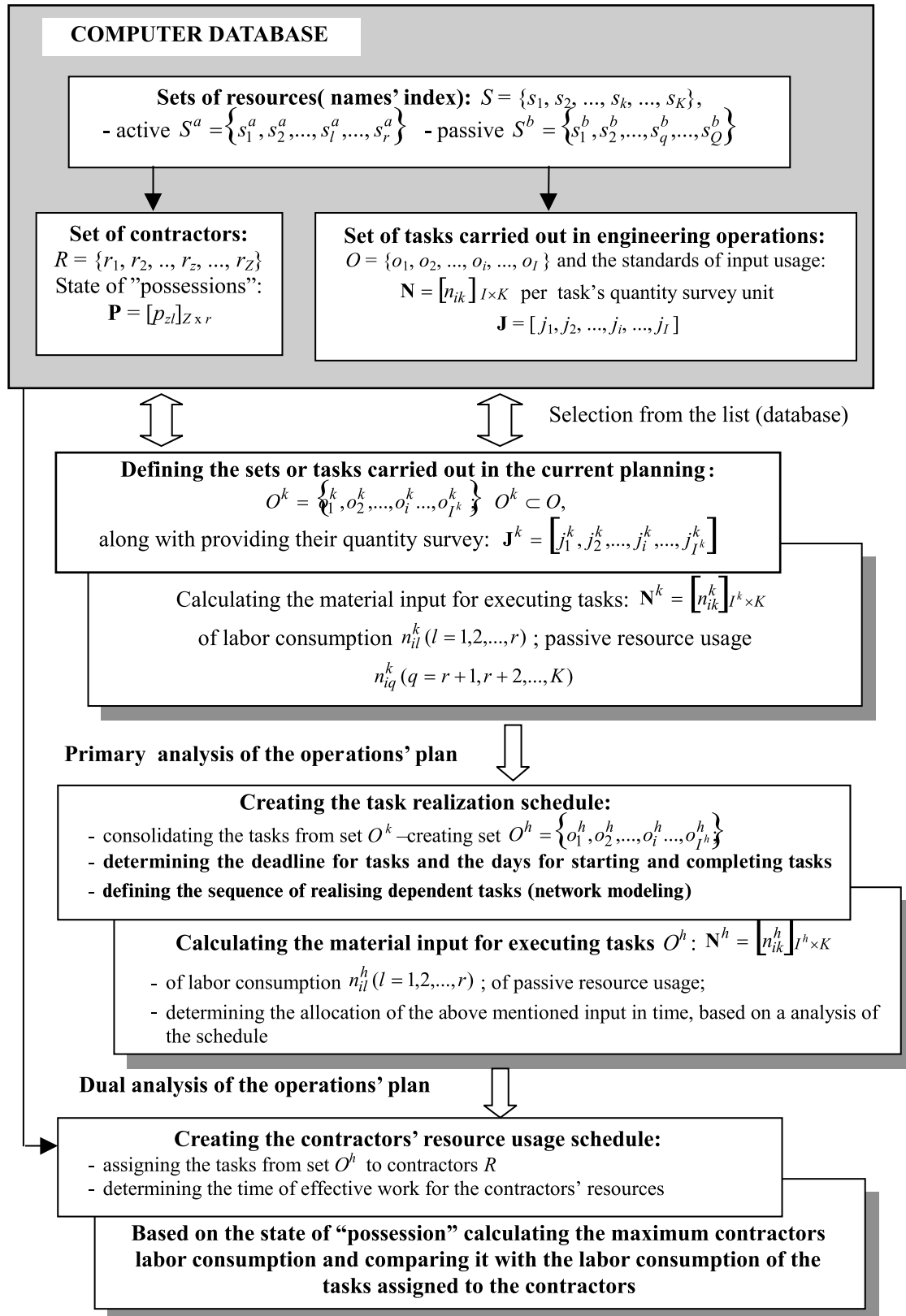


Fig. 1 Block scheme of planning the organization of operations with computer facilitation

For each of the contractors, we filter the initially created schedule (for a'' the tasks). Thus we create separate schedules for the contractors, at the same time bearing in mind that the terms

appearing in the general schedule should be defined. The available programs for project planning most often do not enable determining the allocation of the resources to the tasks defined in the

Taking-off quantities				
No	Basis	Description	Quantity-survey unit	Quantity survey
1	KNR 2-01 0405-01 + KNR 2-01 0406-02	Preparing the subsoil for the earth-dam embankments	m ³	346
2	KNR 2-01 0202-02 + KNR 2-01 0214-04	Acquiring and transport of the soil	m ³	1500
3	KNR 2-01 0407-01	Forming and thickening the earth dams	m ³	2340
4	KNR 2-01 0229-02 + KNR 2-01 0229-05	Moving earth masses with bulldozers	m ³	350
5	KNR 2-31 0103-02	Preparing the subsoil for macadam	m ²	7*35 = 245.00
6	KNR 2-31 0204-05 + KNR 2-31 0204-01	Laying the macadam	m ²	7*35 = 245.00



Material tasks' schedule									
Tasks		Duration	August 19, 2002						
			18	19	20	21	22	23	24
1	Brigade 1 tasks	7 d							
2	Preparing the subsoil for the earth-dam emb:	2 d							
3	Acquiring and transport of the soil	5 d							
4	Forming and thickening the earth dams	5 d							
5	Brigade 2 tasks	6 d							
6	Moving earth masses with bulldozers	1 d							
7	Preparing the subsoil for macadam	3 d							
8	Laying macadam	2 d							



Schedule of the resources' work									
Workload of brigade 1 resources									
Brigade 2 resurses		Labor consumption	August 19, 2002						
			19	20	21	22	23	24	25
1	Workers	145.14 h	4.17h	15.24h	15.24h	24.68h	49.71h	36.1h	
2	Bulldozer 74 KW (100 KM)	5.81 h	5.81h						
3	Self-propelled static roller 15 t	5.49 h				2.19h	3.3h		
4	Self-propelled static roller 10 t	2.74 h				2.19h	0.55h		
Workload of brigade 2 resources									
Brigade 2 resources		Labor consumption	August 19, 2002						
			19	20	21	22	23	24	25
1	Workers	841.76 h	21h	70.56h	159.95h	159.95h	159.95h	159.95h	110.39h
2	Caterpillar bulldozer 55 KW	14.53 h	8h	6.53h					
3	Self-propelled vibrating roller 9t	44.08 h	5.7h		8h	8h	8h	8h	6.38h
4	Caterpillar digger 0.4 m3	86.55 h		17.31h	17.31h	17.31h	17.31h	17.31h	
5	Self-unloading truck up to 5t	727.8 h		145.56h	145.56h	145.56h	145.56h	145.56h	
6	Bulldozer 74 KW (100 KM)	76.75 h			15.35h	15.35h	15.35h	15.35h	15.35h
7	Vibrating combustion thickener	38.38 h			8h	8h	8h	8h	6.38h

Fig. 2. Diagram of methodology of construction tasks scheduling

schedule, along with providing the information on their labor consumption. An example of such an analysis is presented in fig. 2, where in the MS Project program, the workload of the organizational units was examined. The schedules of the tasks carried out by both the units were generated by filtering the project general schedule (the technique of filtering is essentially compatible with the commonly-known technique of filtering the data in spread sheets). The schedule contains all the data referring to the task labor consumption and the material resources usage (not shown in the schedule).

The screen "Resource Usage" shows the work of the resources in time and "after the tasks." Thus we are offered an extremely synoptic view of the production potential of each of the contractors. The sheet can be completed with information defining the unused potential of the contractor's resources labor consumption. It is the result of subtraction of the maximum and the needed labor consumption of each of the resources at the contractor's disposal. Resources shortages can be signaled on the screen.

The presented method of scheduling the work of the resources can be carried out using a properly prepared program for planning projects, or a special spread sheet. In both cases, it must be remembered that the schedule should be generated by the primary computer transformation of the prepared schedule. Of course, here the planner has an important role to play, as it is him who defines the tasks for the contractors, monitoring the results of his decisions on the schedules of their resources usage.

The schedules of the resources work created using the dual analysis of the plan carry very important information for the person directing the operations, since he can quickly evaluate which resources of which of the contractors are overloaded, and which are not used. A diagram of methodology of scheduling construction works is presented in fig. 2.

4. Resources-usage assessment as schedule-quality assessment

The basic problem in resource management is assigning harmonized tasks (set O^h) to the contractors of engineer and construction projects (set R). A planner should be aiming at the fullest use of the contractors' production means, that is assigning sets of tasks which require engaging the contractors' entire execution potential. This objective poses certain problems. The tasks are not dividable, are characterized by a specific sequence of execution, engage various sets of resources and have time-constraints (specified by instructions and implied in the schedule). Additionally, in many situations, "tearing" the contractors' structures (their resources assignment) is not practiced. In such situations, organizational units, for example, military sections receive sets of tasks to perform which do not engage their whole execution potential. Assigning tasks to contractors should depend on:

- the availability of the contractors' resources,
- executing tasks or tasks' stages within the deadlines set by the instructions.

Both these conditions can be effectively monitored by a program for planning and controlling project execution. Such programs make possible defining the deadlines for task realization specified by instructions, as well as calculating the resource needs and comparing them with the level of the resources availability in each time unit. However, how can one assess the quality of the plans as far as the resource use is concerned?

Resources (means of work) are of varied character. The outage of one means can be of negligible importance in the face of making a better use of another. This is why a synthetic index of the assessment of the resources' work time use is needed. It is advised that the index be determined based on the *cost of losses incurred by the work means' outage*. Each active resource, when working, brings the contractor (employer) given financial benefits. The benefits are result of indirect costs and profit calculated based on the direct costs of labor and equipment's work. A percentage index of these costs oscillates between 45 and 80 per cent of the direct costs. Knowing the piecework rate for workers and machines, it is not difficult to determine the cost of losses as a loss of the potential income from the resources' work costs surcharge. So, for example, an hour of a digger's outage can result in a potential loss of about 20-35 PLN, and a worker's outage can cost 5-8 PLN.

Let us assume that towards an estimate of the schedules' quality, an analyst is able to determine the cost of losses c_l ($l: s_l \in S^d$) caused by the work means' outage per time unit.

For the purpose of comparing the schedules for different contractors, one should strive to determine the index in the absolute scale. However, because work harmonization varies in the time scale, and the production activity of each of the contractors is practically never-ending, such an index should be determined in the function of time. Here, is meant both the time period for which we are examining the quality of work harmonization and the calendar time, and also the moments in the considered time scale.

In order to assess the quality of work organization, it is suggested to determine the index of the contractors' work harmonization in the examined time interval $\langle T; T+t \rangle$ for period t according to the formula:

$$C^z(t) = \frac{\sum_{l \in S^a} \alpha_{zl}(t) \cdot c_l \cdot p_{zl}}{\sum_{l \in S^a} c_l \cdot p_{zl}} \bigwedge_{(z,l)} (c_l \cdot p_{zl} \neq 0) \quad (5)$$

where: $\alpha_{zl}(t)$ - is the coefficient of the work-time use of the l -th resource in time t .

The coefficient of the work-time use of the l -th resource of the z -th contractor, for whom $p_{zl} > 0$, in time $t > 0$ is determined according to the formula:

$$\alpha_{zl}(t) = \frac{N_{zl}(t)}{p_{zl} \cdot t} \quad (6)$$

where: $N_{zl}(t)$ - work-time input of the l -th resource of the z -th contractor in time t determined based on the schedule in the examined time period - $\langle T; T+t \rangle$.

Index $C^z(t)$ does not describe the real costs of the losses in plan realization. It is only a quantity expression of the project realization schedule's quality, and more specifically, of work harmonization for the contractors. When the index approaches "1", it manifests a good planning decision, and when it reaches zero, it is a signal that the resources' work has not been harmonized. An examination of the resources use can be carried out for each of the contractors and for the whole task realization schedule, and in both cases - in optionally defined time periods. Such analyses are described in the example that follows.

5. Example of schedule quality assessment

In order to assess the quality of a schedule, the following data referring to specified contractors should be known:

- state of resource availability (workers and machines) - amount of resources allocated to performing works specified in the material tasks schedule (if this availability changes in time, the resource availability profiles in the time scale should be known);
- work input (labor consumption) for each of the resources in the function of time (for example, on each day of the considered schedule);
- costs of the resources outage - potential loss incurred by the outage (non-usage) of each resources in unitary time (for example, during 1 hour).

For the schedule shown in fig. 2 and the labor consumption characterized there, we will carry out an analysis of resources-work harmonization in the case of two brigades. The work input of the resources of both brigades is presented in table 1. The state of the brigades' resources (resource availability) was determined in table 2. The table presents the profiles (the amount of resources changing in the time scale) of the availability of each of the work means. It also contains the assumed costs of losses incurred by

the outage of each means during 1 hour. In table 3 are shown the results of work-time-use analysis by the available resources - coefficients $\alpha_{zj}(t)$ needed to calculate the synthetic index of the work-harmonization quality assessment for the considered contractors.

In figure 3 is presented the histogram of assessment of the contractors' resources work harmonization for each day of project execution. The diagram was made using formulas (5) and (6) for an 8-hour resources' workday. For each day were calculated the coefficients of work-time use on the part of the contractor's each resource, and next was determined the harmonization assessment index.

In figure 4 are presented graphs of the function of resource-work-harmonization assessment in variable time period counted from the commencement of the project until the time defined on the axis of ordinates. One can read from the graphs that the coefficients of resource use in the entire project are 0.43 for Brigade 1, and 0.71 for Brigade 2. The planner, however, will not always take under consideration the whole schedule of works. In particular, this will be the case when the scope of works for the single contractor is changing as a result of adding a realization system for tasks not included in the analyzed schedule. More important in this sit-

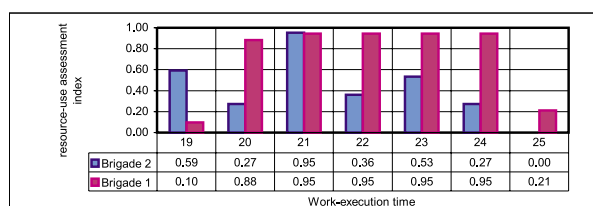


Fig. 3. A histogram of the assessment of the resources' work harmonization for individual contractors on the individual days of project execution

Work input of the specified contractors in project execution

Table 1

Resources	Resource-work input in [h] on each day of project execution							Input in total
	10	11	12	13	14	15	16	
Brigade 1								
Workers	4.17	15.24	15.24	24.68	49.71	36.1		145.14
Bulldozer 74 KW (100 KM)	5.81							5.81
Self-propelled static roller 15 t				2.19	3.3			5.49
Self-propelled static roller 10 t				2.19	0.55			2.74
Brigade 2								
Workers	21	70.56	159.95	159.95	159.95	159.95	110.39	841.75
Caterpillar bulldozer 55 KW	8	6.53						14.53
Bulldozer 74 KW (100 KM)			15.35	15.35	15.35	15.35	15.35	76.75
Self-propelled vibrating roller 9 t	5.7		8	8	8	8	6.38	44.08
Caterpillar digger 0.4 m³		17.31	17.31	17.31	17.31	17.31		86.55
Self-unloading truck up to 5 t		145.56	145.56	145.56	145.56	145.56		727.8
Vibrating combustion thickener			8	8	8	8	6.38	38.38

Resource availability for the specified contractors in project execution and costs of outage

Table 2

Resources	Amount of resources available on each day of project execution						Costs of outage during 1 h	
	10	11	12	13	14	15		16
Brigade 1								
Workers	2	2	2	6	6	6		5 PLN
Bulldozer 74 KW (100 KM)	1	1						25 PLN
Self-propelled static roller 10 t				1	1	1		28 PLN
Self-propelled static roller 10 t				1	1	1		25 PLN
Brigade 2								
Workers	10	10	20	20	20	20	20	5 PLN
Caterpillar bulldozer 55 KW	1	1						30 PLN
Bulldozer 74 KW (100 KM)			2	2	2	2	2	25 PLN
Self-propelled vibrating roller 9 t	1	1	1	1	1	1	1	25 PLN
Caterpillar digger 0.4 m³	2	2	2	2	2	2	2	30 PLN
Self-unloading truck up to 5 t	20	20	20	20	20	20	20	23 PLN
Vibrating combustion thickener			1	1	1	1	1	17 PLN

Results of the work-time use by the available resources – coefficients $\alpha_{zi}(t)$

Table 3

Resources	Values of the work-time use coefficients by the available resources on each day						
	19	20	21	22	23	24	25
Brigade 1							
Workers	0.2606	0.9525	0.9525	0.5142	1.0356	0.7521	0
Bulldozer 74 KW (100 KM)	0.7262	0	0	0	0	0	0
Self-propelled static roller 10 t	0	0	0	0.2738	0.4125	0	0
Self-propelled static roller 10 t	0	0	0	0.2738	0.0688	0	0
Brigade 2							
Workers	0.2625	0.882	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.6899
Caterpillar bulldozer 55 KW	1	0.8163	0	0	0	0	0
Bulldozer 74 KW (100 KM)	0	0	0.95945	0.9594	0.9594	0.9594	0.9594
Self-propelled vibrating roller 9 t	0.7125	0	1	1	1	1	0.7975
Caterpillar digger 0.4 m ³	0	1.0819	1.0819	1.0819	1.0819	1.0819	0
Self-unloading truck up to 5 t	0	0.9098	0.9098	0.9098	0.9098	0.9098	0
Vibrating combustion thickener	0	0	1	1	1	1	0.7975

uation will be a harmonization of the resources' work in the near time horizon. The discussed graphs contain the information needed in this case.



Fig. 4. Graphs of the function of the resources' work harmonization assessment in a period counted from the commencement of the project

6. Conclusion

The presented method of harmonizing the contractors' work can be applied for assessing and comparing the quality of schedules, including ones prepared by a number of independent planners and destined for the same scope of operations. The essence of the described approach is making the evaluation dependent on the time and reducing it to a uniform scale from zero to one, in which "1" denotes the state of full harmony in utilizing the means of work, and zero stands for the contractor's complete idleness.

It is possible to carry out an assessment using a synthetic index, as proposed here, only in a situation when one can perform a valuation of outage (idleness) – which is not conducive for the harmonizing process – of various work means (active resources).

It is worth bearing in mind that in practice it is rarely possible to ensure constant work for all the resources. Most often, an elimination of the discontinuity in employing one resource results in breaks of the work of another. This is why there arises a need for a valuation of the resources' work, or strictly speaking, their idleness, which is derived from a valuation of work with costs taken under consideration. Here, was adopted a rule that the more expen-

sive resource, whose work generates greater return, is more important for ensuring a constancy of work than the one whose work brings smaller financial benefits. Of course, a valuation of the idleness of various resources does not have to be determined by these rules. The process of valuation can be performed by the planner, based on the criteria of assessing the importance of constancy of work known to him.

References

- [1] JAWORSKI, K. M.: *"Wielokryterialna analiza jakości harmonogramów budowlanych."* [Multi-criterial analysis of construction schedules' quality] *Przegląd Budowlany*, No 1, Jan. 2002.
- [2] JAWORSKI, K. M.: *Metodologia projektowania realizacji budowy.* [Methodology of designing construction execution] Warszawa: PWN, 1999.
- [3] *Informatyka stosowana w inżynierii produkcji budowlanej.* [Applied informatics in construction production engineering] Ed. O. Kaplinski. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 1996.
- [4] MARCINKOWSKI, R.: *"Problemy planowania działań inżynierskich w sytuacjach kryzysowych."* [Problems of planning engineer operations in crisis situations] *Conference proceedings - Technologiczne, organizacyjne i ekonomiczne aspekty rozwoju budownictwa* [Technological, organizational and economic aspects of the development of construction] Olsztyn: Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, 2002.
- [5] ZIELIŃSKI, B.: *Microsoft Project 98. Zarządzanie przedsięwzięciami.* [Project management] Warszawa: Wyd. MIKOM, 2000.



Niektoré problémy suchého trenia

V marci r. 2002 vydala Žilinská univerzita v Žiline vo vydavateľstve EDIS monograficky spracovanú obsahovo hodnotnú odbornú publikáciu autorov Vladimíra Hlavňu a Rudolfa Řezníčka s názvom **Niektoré problémy suchého trenia**.

Publikácia sa venuje niektorým problémom suchého trenia vo vzťahu k jeho využitiu v trecích brzdách dopravnej techniky, najmä však koľajových vozidiel a automobilov.

Zaoberá sa niektorými termomechanickými problémami suchého trenia v súvislosti s ich prejavmi v praxi, experimentálnym zariadením pre výskum trecích brzd a reálnou problematikou brzdovania a trecích brzd koľajových a kolesových vozidiel.

Je rozdelená do dvoch častí. Autori v nich prezentujú výsledky niekoľkoročných teoretických i praktických skúseností z oblasti suchého trenia.

Časť A podáva prehľad dosiahnutých poznatkov v teoretickej a experimentálnej oblasti termomechanických charakteristík suchého trenia. Kladie dôraz na popis tzv. termoelastickej nestability suchého trenia a jej dôsledky v technickej praxi. Zaoberá sa tiež popisom zotrvačnickového brzdového stavu Katedry koľajových vozidiel, motorov a zdvihadiel SJF ŽU. Tento brzdový stav bol na katedre vybudovaný a je schválený subkomisiou UIC „Brzdenie“ (UK 5T) ako univerzálny brzdový stav kategórie D (do rýchlosti $350 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) pre vykonávanie medzinárodných homologačných skúšok obložení a klátikov železničných brzd podľa predpisov UIC 541-3 a UIC 541-4. V UIC je vedený pod hlavičkou ŽSR. V časti A je tiež pre priblíženie skúšobnej problematiky čitateľovi popísaná metodika a výsledky skúšok životnosti obložení a diskov železničnej kotúčovej brzdy na uvedenom brzdovom stave.

V časti B sú rozobraté niektoré problémy vyplývajúce z teórie brzdovania kolesových vozidiel, nielen z pohľadu požiadaviek na ich konštrukciu, ale aj z pohľadu analýz dopravných nehôd. Táto kapitola sa zaoberá aj otázkami prevádzkových a laboratórnych skúšok brzdových obložení. Tieto v plnej miere využívajú výsledky teórie suchého trenia. V tejto časti sú definované legislatívou stanovené skúšky a pre názornosť uvedené výsledky konkrétnych meraní. Časť je venovaná aj modulom (stanovištiam) spomínaného brzdového skúšobného stavu, ktoré sa využívajú pri laboratórnych skúškach brzdových obložení kolesových vozidiel.

Kniha je určená odborníkom z oblasti dopravnej techniky, študentom univerzít, výskumným pracovníkom a znalcom v odbore koľajové vozidlá a doprava cestná.

Publikácia je príspevkom do rozvoja poznatkov v oblasti suchého trenia. Jej erudovanosť a vierohodnosť je garantovaná výsledkami vedeckovýskumnej práce autorov.

prof. Ing. Milan Mikleš, DrSc.

Názov doktorandskej

dizertačnej práce: **Vyšetrovanie vlastností a identifikácia parametrov spínaného reluktančného motora**

Autor: **Ing. Pavol Rafajdus**

Vedný odbor: **26-32-9 silnoprúdová elektrotechnika**

Školiace pracovisko: **Elektrotechnická fakulta Žilinskej univerzity**

Školiteľ: **prof. Ing. Valéria Hrabovcová, PhD.**

Dizertačná práca sa zaoberá problematikou analýzy vlastností a identifikáciou parametrov spínaného reluktančného motora. O tento motor je čoraz väčší záujem vo viacerých odvetviach priemyslu, ako jedného z kandidátov na náhradu doteraz používaných „klasických“ elektrických strojov vzhľadom na jeho robustnosť, jednoduchosť a lacnú konštrukciu. Prvá časť práce je zameraná na teoretickú analýzu jednotlivých konštrukčných usporiadaní SRM, odvodenie okamžitého a stredného momentu na základe elektromechanickej premeny energie v SRM. Je vypracovaný a odvodený lineárny a nelineárny matematický model na riešenie prechodových dejov SRM. V ďalšej časti sa práca zaoberá podrobnou identifikáciou dôležitých parametrov reálneho SRM, ktorými sú indukčnosť, spriahnutý magnetický tok a statické charakteristiky momentu. Ako nástroje identifikácie uvedených parametrov boli použité meracie metódy, metóda konečných prvkov a analytický výpočet. Práca sa zaoberá taktiež analýzou strát a účinnosti SRM meraním a straty v železe sú analyticky vypočítané z odvodených tvarov spriahnutého magnetického toku pre jednotlivé časti motora. Ďalšia časť práce je venovaná optimalizácii veľkosti stredného elektromagnetického momentu SRM vplyvom zmeny tvaru rotora a pri zachovaní rozmerov statora. V závere sa uvádzajú základné zásady metodiky konštrukčného návrhu SRM, ktorá zabezpečí, že vyrobený motor bude vykazovať predpokladané vlastnosti.

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE
Elektrotechnická fakulta

doktorandská dizertačná práca

**VYŠETROVANIE VLASTNOSTÍ
A IDENTIFIKÁCIA PARAMETROV
SPÍNANÉHO RELUKTANČNÉHO MOTORA**

Vedný odbor:
26-32-9 Silnoprúdová elektrotechnika

Autor: Ing. Pavol RAFAJDUS
Školiteľ: prof. Ing. Valéria Hrabovcová, PhD.

Žilina 2002

Názov doktorandskej

dizertačnej práce: **Stratégia rozvoja ľudského potenciálu v manažmente moderného podniku**

Autor: **Ing. Josef Vodák**

Vedný odbor: **62-90-9 podnikový manažment**

Školiace pracovisko: **Strojnícka fakulta Žilinskej univerzity**

Školiteľ: **Prof. dr. hab. Inž. Józef Matuszek, KIP Politechnika Bielsko Biala**

Dizertačná práca obsahuje myšlienku zdokonalenia prepojenia stratégie podniku s rozvojom jeho ľudských zdrojov pri využití metodiky Balanced Scorecard. Tento nový prístup umožní zvýšiť efektívnosť dosahovania podnikových cieľov a je podporený analyzovaním výkonnostných problémov a je vyjadrený návrhom modelu rozvoja ľudského potenciálu. Predkladaný návrh vychádza z analýzy súčasného stavu a metód práce s rozvojom ľudských zdrojov v podnikoch. Základné východiská sú členené do častí podnik, manažment, stratégia, implementácia stratégie a ľudské zdroje. Navrhovaná metodika je podporovaná aj využitím prístupov multivariantnej analýzy.

V práci je navrhnutý nový prístup pre zdokonalenie prepojenia stratégie podniku s rozvojom ľudských zdrojov, ako jeho najvýznamnejším aktívom s cieľom zvýšiť efektívnosť dosahovania podnikových cieľov pomocou rozvoja ľudského potenciálu. Tento prístup je vyjadrený návrhom modelu. Práca rozpracováva a formuluje základné východiská a postupy pre uplatnenie nového prístupu k rozvoju ľudského potenciálu pomocou navrhnutého modelu a prispieva svojím prístupom k rozšíreniu palety použiteľných postupov a metód. Práca prináša aj nový prístup k vyhodnocovaniu rozvojových tréningových projektov pomocou predloženej 7-krokovej metódy, v práci je prezentovaná aj možnosť využitia prístupov multivariantnej analýzy ako vhodného matematického aparátu pre objektivizáciu vyhodnocovania rozvojových programov.

Výhodou použitia navrhovaného modelu pre podnik je vyššie zacielenie rozvojových vzdelávacích programov pri naplňaní jeho stratégie, možnosť lepšie vyhodnocovať vynaložené prostriedky do rozvoja ľudí, a tým zvýšiť efektívnosť a návratnosť investícií do rozvoja ľudských zdrojov.

Navrhovaný model umožňuje preukázateľne skvalitniť podnikanie a priniesť majiteľom a manažmentu finančný efekt oveľa efektívnejšie ako doterajšie prístupy.

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE
Strojnícka fakulta

Kandidátska dizertačná práca

**STRATÉGIA ROZVOJA LUDSKÉHO
POTENCIÁLU V MANAŽMENTE
MODERNÉHO PODNIKU**

Vedný odbor:
62-90-9 Podnikový manažment

Autor: Ing. Josef Vodák
Školiteľ: Prof. dr. hab. Inž. Józef Matuszek

Žilina 2002

POKYNY PRE AUTOROV PRÍSPEVKOV DO ČASOPISU KOMUNIKÁCIE - vedecké listy Žilinskej univerzity

1. Redakcia prijíma iba príspevky doteraz nepublikované alebo inde nezaslané na uverejnenie.
2. Rukopis musí byť v jazyku anglickom (týka sa autorov zo Slovenska). Príspevok by nemal prekročiť 7 strán (formát A4, písmo Times Roman 12 bodové). K článku dodá autor **resumé** v rozsahu maximálne 10 riadkov anglickom jazyku).
3. Príspevok prosíme poslať: **e-mailom**, ako prílohu spracovanú vo Word-e, na adresu *holesa@nic.utc.sk* alebo *polednak@fsi.utc.sk* príp. *vrablova@nic.utc.sk* **alebo doručiť na diskete 3,5** vo Word-e a **jeden výťažok** článku na adresu Žilinská univerzita, OVaV, Moyzesova 20, 010 26 Žilina.
4. Skratky, ktoré nie sú bežné, je nutné pri ich prvom použití rozpísať v plnom znení.
5. Obrázky, grafy a schémy, pokiaľ nie sú spracované v Microsoft WORD, je potrebné doručiť buď v digitálnej forme (ako GIF, JPG, CDR, BMP súbory), prípadne nakresliť kontrastne na bielom papieri a predložiť v jednom exemplári. Pri požiadavke na uverejnenie fotografie priložiť ako podklad kontrastnú fotografiu alebo diapozitív.
6. Odvolania na literatúru sa označujú v texte alebo v poznámkach pod čiarou príslušným poradovým číslom v hranatej zátvorke. **Zoznam použitej literatúry** je uvedený za príspevkom. Citovanie literatúry musí byť **podľa záväznej STN 01 0197 (ISO 690)** „Bibliografické odkazy“.
7. K rukopisu treba pripojiť **plné meno a priezvisko autora a adresu inštitúcie v ktorej pracuje, e-mail adresu** a číslo telefónu alebo faxu.
8. Príspevok posúdi redakčná rada na svojom najbližšom zasadnutí a v prípade jeho zaradenia do niektorého z budúcich čísel podrobí rukopis recenzii a jazykovej korektúre. Pred tlačou bude poslaný autorovi na definitívnu kontrolu.
9. Termíny na dodanie príspevkov do čísel v roku sú: 30. september, 31. december, 31. marec a 30. jún.
10. V roku 2003 budú tieto nosné témy jednotlivých čísel: Komunikácia fyziky a technickými vedami, Informatika a riadenie.

COMMUNICATIONS - Scientific Letters of the University of Žilina Writer's Guidelines

1. Submissions for publication must be unpublished and not be a multiple submission.
2. Manuscripts written in English language must include abstract also written in English. The submission should not exceed 7 pages (format A4, Times Roman size 12). The abstract should not exceed 10 lines.
3. Submissions should be sent: **by e-mail** (as attachment in system Microsoft WORD) to one of the following addresses: *holesa@nic.utc.sk* or *vrablova@nic.utc.sk* or *polednak@fsi.utc.sk* **with a hard copy** (to be assessed by the editorial board) or **on a 3.5" diskette** in (Microsoft WORD) **with a hard copy** to the following address: Žilinska univerzita, OVaV, Moyzesova 20, SK-10 26 Žilina, Slovakia.
4. Abbreviations, which are not common, must be used in full when mentioned for the first time.
5. Figures, graphs and diagrams, if not processed by Microsoft WORD, must be sent in electronic form (as GIF, JPG, CDR, BMP files) or drawn in contrast on white paper, one copy enclosed. Photographs for publication must be either contrastive or on a slide.
6. References are to be marked either in the text or as footnotes numbered respectively. Numbers must be in square brackets. The list of references should follow the paper (according to **ISO 690**).
7. The author's exact mailing address, **full names, e-mail address, telephone or fax number, and the address of the organisation where the author works** and contact information must be enclosed.
8. The editorial board will assess the submission in its following session. In the case that the article is accepted for future volumes, the board submits the manuscript to the editors for review and language correction. After reviewing and incorporating the editor's remarks, the final draft (before printing) will be sent to authors for final review and adjustment.
9. The deadlines for submissions are as follows: September 30, December 31, March 31 and June 30.
10. In the year 2003 each issue will be dedicated to one of the following topics: Communication of Physics with Technical Sciences, Information and Management Sciences.



VEDECKÉ LISTY ŽILINSKEJ UNIVERZITY
SCIENTIFIC LETTERS OF THE UNIVERSITY OF ŽILINA

Šéfredaktor - Editor-in-chief:
Prof. Ing. Pavel Poledňák, PhD.

Redakčná rada - Editorial board:
Prof. Ing. Ján Bujňák, CSc. - SK
Prof. Ing. Karol Blunár, DrSc. - SK
Prof. Ing. Otakar Bokúvka, CSc. - SK
Prof. RNDr. Peter Bury, CSc. - SK
Prof. RNDr. Jan Černý, DrSc. - CZ
Prof. Ing. Ján Čorej, CSc. - SK
Prof. Eduard I. Danilenko, DrSc. - UKR
Prof. Ing. Branislav Dobručky, CSc. - SK
Prof. Dr. Stephen Dodds - UK
Dr. Robert E. Caves - UK
Dr.hab. Inž. Stefania Grzeszczyk, prof. PO - PL
PhDr. Anna Hlavňová, CSc. - SK
Prof. Ing. Vladimír Hlavňa, PhD. - SK
Prof. RNDr. Jaroslav Janáček, CSc. - SK
Dr. Ing. Helmut König, Dr.h.c. - CH
Prof. Ing. Gianni Nicoletto - I
Prof. Ing. Ludovít Parilák, CSc. - SK
Ing. Miroslav Pfliegel, CSc. - SK
Prof. Ing. Pavel Poledňák, PhD. - SK
Prof. Bruno Salgues - F
Prof. Andreas Steimel - D
Prof. Ing. Miroslav Steiner, DrSc. - CZ
Prof. Ing. Pavel Surovec, CSc. - SK
Prof. Ing. Hynek Šertler, DrSc. - CZ
Prof. Josu Takala - SU
Prof. Dr. Zygmund Szlachta - PL
Prof. Ing. Hermann Knoflachner - A

Adresa redakcie:
Address of the editorial office:
Žilinská univerzita
Oddelenie pre vedu a výskum
Office for Science and Research
Moyzesova 20, Slovakia
SK 010 26 Žilina
Tel.: +421/41/5620 392
Fax: +421/41/7247 702
E-mail: *polednak@fsi.utc.sk*, *holesa@nic.utc.sk*

Každý článok bol oponovaný dvoma oponentmi.
Each paper was reviewed by two reviewers.

Časopis je excerptovaný v Compendexe
Journal is excerpted in Compendex

Vydáva Žilinská univerzita
v EDIS - vydavateľstve ŽU
J. M. Hurbana 15, 010 26 Žilina
pod registračným číslom 1989/98
ISSN 1335-4205

It is published by the University of Žilina in
EDIS - Publishing Institution of Žilina University
Registered No: 1989/98
ISSN 1335-4205

Objednávky na predplatné prijíma redakcia
Vychádza štvrťročne
Ročné predplatné na rok 2002 je 500,- Sk

Order forms should be returned to the editorial office
Published quarterly
The subscription rate for year 2002 is 500 SKK.

Jednotlivé čísla časopisu sú uverejnené tiež na:
Single issues of the journal can be found on:
<http://www.utc.sk/komunikacie>