



**XV** NAUČNO-STRUČNI SKUP NAUKA I MOTORNA VOZILA  
**CONFERENCE SCIENCE AND MOTOR VEHICLES**

# NW 95

**RAZVOJ AUTOMOBILSKE TEHNIKE I OKRUŽENJE**  
**DEVELOPMENTS IN AUTOMOTIVE TECHNOLOGY AND**  
**ENVIRONMENT**

**JUMV-SP-9501**



UDK 629.113:52-86

JUMV - SP - 9501

NAUKA I MOTORNA VOZILA '95

Razvoj automobilske tehnike i okruženje - Zbornik radova

SCIENCE AND MOTOR VEHICLES '95

Developments in Automotive Technology and Environment - Proceedings

Izdavač - Publisher:

JUMV - Jugoslovensko društvo za motore i vozila,  
11000 Beograd, 27. Marta 80, tel. (+381-11) 3226-233/3226-923, fax. (+381-11) 3224-099

Glavni i odgovorni urednik - Editor in chief:

Prof. dr Martin Bogner, dipl.inž.maš.

Urednik - Editor:

Prof. dr Čedomir Duboka, dipl.inž.maš.

Programski odbor NMV '95 - Programme Committee:

Prof. dr Čedomir Duboka, Predsednik, Mašinski fakul-tet, Beograd, Srećko Nijemčević, dipl.inž.maš., pod-predsednik, Ikarbus, Beograd, Dejan Tomašević, dipl. inž.maš., Sekretar, Mašinski fakultet, Beograd, Doc. dr Živan Arsenić, Mašinski fakultet, Beograd, Doc. dr Aleksandar Grujović, Mašinski fakultet, Kragujevc, Prof. dr Radan Durković, Mašinski fakul-tet, Podgorica, Milosav Djordjević, dipl.inž.maš., Zastava - Institut za automobile, Kragujevac, Slaviša Zdravković, dipl.inž. maš., IMT, Beograd, Prof. dr Slobodan Ivković, Rudar-sko-geološki fakultet, Beograd, Prof. dr Nenad Janići-jević, Mašinski fakul-tet, Beograd, Prof. dr Dimitrije Janković, Mašinski fakultet, Beograd, dr Slobodan Janković, IMR Institut, Rakovica, Prof. dr Milisav Kalajdžić, Mašinski fakultet, Beograd, Prof. dr Stojan Petrović, Mašinski fakultet, Beograd, mr Vitomir Pjevac, FAP-Priboj, Prof. dr Rajko Radonjić, Mašinski fakultet, Kragujevac, Prof. dr Aleksandar Rac, Mašinski fakul-tet, Beograd, Prof. dr Miroljub Tomić, Mašinski fakultet, Beograd, Prof. dr Jovan Todorović, Mašinski fakultet, Beograd, Prof. dr Snežana Filipović, Saobra-ćajni fakultet, Beograd

Tehničko uredjenje - Design:

Željko Knežević, dipl.inž.maš.

Kompjuterska obrada i korice -Computer process-ing and cover design: Damir Plovanić, DADA, Beograd

Štampa - Print:

GALEB, Kej oslobođenja 73, 11080 Zemun

Tiraž - Number of copies printed - 400 primeraka

ISBN 86-80941-14-X

Copyright: JUMV 1995.

Ovu JUMV specijalnu publikaciju sačinjavaju recen-zirani radovi koji su prihvaćeni za saopštavanje n: XV međunarodnom naučno-stručnom skupu NAUKA I MOTORNA VOZILA '95 koji se održava u Beogradu, od 15. do 18.051995. godine. Autori su podneli originalne primerke radova, spremne za štampu na osnovu uputstva koje je izradio **Izdavač**, zbog čega izdavač ne snosi odgovornost za **eventu-alne** tehničke, jezičke ili sadržinske greške. **Izdavač** je tehnički uredio ovaj zbornik i izvršio **njegovu** pripremu za štampu. Podaci, mišljenja i **stavovi** sadržani u ovoj JUMV Specijalnoj pub-likaciji **pri-**padaju njihovim autorima pa se za njih **Izdavač ne** smatra odgovornim.

Izdavanje ove JUMV Specijalne publikacije omogućeno je zahvaljujući pomoći i podršci sledećih suorganizatora i sponzora:

Suorganizatori:

Savezno Ministarstvo za razvoj, nauku i životnu sredinu

Ministarstvo za nauku i tehnologiju Republike ~~Srbije~~  
Ministarstvo prosvete i nauke Republike Crne ~~Gore~~

Sponzori izdanja:

MDD FAP Priboj  
PDM Fabrika klipova, Mladenovac  
INEX - Interexport, Beograd

Generalni sponzor NMV '95

IKARBUS d.d., Zemun

Ostali sponzori NMV '95

GSP Beograd  
Dinara, Beograd  
Zastava - automobili, Kragujevac  
IMR, Rakovica  
IMT, Novi Beograd  
Institut za motorna vozila (FRMEKS & CESIL)  
Mašinskog fakulteta, Beograd  
Institut Mihailo Pupin, Beograd  
FIAZ, Prokuplje  
HI Radoje Dakić, Podgorica

Donatori NMV '95

AMSJ, Beograd  
Institut za motore i vozila, INN Vinča, Beograd  
KRON  
RTB Bor, RB Majdanpek

Lista sponzora i donatora prema stanju od 28.04.1995. g.

## SADRŽAJ

Tematska konferencija KONCEPCIJE SISTEMA VOZILA - Technical Session *VEHICLE SYSTEMS CONCEPT*

Organizatori - *Organizers*: Prof. dr Jovan Todorović i Srećko Nijemčević

Sponzor - *Sponsor*: Institut za motorna vozila (FRIMEKS & CESiL) Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

		Strana
YU-95101	OČEKIVANI PRAVCI RAZVOJA INDUSTRIJE VOZILA JUGOSLAVIJE <i>EXPECTED DIRECTIONS FOR DEVELOPMENT OF YUGOSLAV AUTOMOTIVE INDUSTRY</i> Jovan Todorović, Ivan Blagojević, Dejan Tomašević, Veljko Veličković, <i>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu</i>	1
YU-95102	ISTRAŽIVANJE STATISTIČKIH PARAMETARA U CILJU UTVRĐIVANJA TRENDOVA RAZVOJA PUTNIČKIH AUTOMOBILA KLASA B <i>RESEARCH OF STATISTICAL PARAMETERS FOR DETERMINATION OF CLASS B CARS DEVELOPMENT TRENDS</i> Mirjana Dinić, Miroslav Demić, <i>Mašinski fakultet u Kragujevcu</i> , Milan Milovanović, <i>Institut za automobile, Zastava automobili, Kragujevac</i>	5
YU-95103	NEKI PRAVCI RAZVOJA TEŠKIH VOZILA ZA RUDARSTVO <i>SOME DEVELOPMENT IN HEAVY TRUCKS USED IN MINING</i> Slobodan Ivković, Toma Tanasković, Dušan Stojanović, <i>Rudarsko-geološki fakultet, Beograd</i>	9
YU-95104	PRAVCI RAZVOJA POLJOPRIVREDNIH TRAKTORA <i>FUTURE DEVELOPMENT OF THE AGRICULTURAL TRACTORS</i> Ratko Nikolić, Timofej Furman, Radojka Gligorić, Oparnica Stanko, <i>Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Institut za poljoprivrednu tehniku, Zoran Popović, Vojnotehnička akademija, Beograd</i>	13
YU-95105	YUGO 2000 - 3 LITRA NA 100 KM <i>YUGO 2000 - 2 LITRES PER 100 KM</i> Stevan Veinović, Rajko Radonjić, Dragoljub Radonjić, Danica Josifović, Aleksandar Grujović, Radivoje Pešić, <i>Mašinski fakultet u Kragujevcu</i>	17
YU-95106	KONCEPCIJA RAZVOJA PRENOSNIKA SNAGE KAO OSNOV POVIŠENE UPOTREBNE VREDNOSTI TERENSKIH VOZILA <i>A TRANSMISSION CONCEPT AS A BASE OF A HIGHER OFF-ROAD VEHICLE DEPENDABILITY</i> Djuro Borak, Slobodan Janković, Djordje Veselinović, <i>IMR-Institut, Beograd</i> , Nenad Jančićević, <i>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu</i>	21
YU-95107	NEKI PROBLEMI DEFINISANJA I MODELIRANJA RADNIH OPTEREĆENJA OKLOPNIH TELA LAKIH GUSENIČNIH VOZILA <i>SOME PROBLEMS OF DEFINING AND MODELING THE SERVICE LOADS OF LIGHT TRACKED VEHICLES</i> Milan Tasić, <i>Viša mašinska škola, Zemun</i> , Zlatan Topić, Goran Janković, <i>VTI KoV</i>	25
YU-95108	RAZVOJ SISTEMA TRAKTORA NOSAČ ORUDJA-POLJOPRIVREDNA MAŠINA <i>THE DEVELOPMENT OF CARRIER TRACTORS-AGRICULTURAL MACHINE SYSTEM</i> Milan Veljić, <i>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu</i>	29
YU-95111	PRIMENA MIKROLEGIRANIH ČELIKA ZA IZRADU GREDE PREDNJEG MOSTA TRAKTORA <i>APPLICATION OF HSLA FOR MANUFACTURING TRACTOR FRONT AXLE BEAM</i> Živan Arsenić, Zoran Vujić, <i>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu</i>	33

YU-95253	SRAČUNAVANJE STRUJNOG POLJA U UPROŠĆENOJ GEOMETRIJI SKLOPA KLIP/ CILINDAR Zoran Jovanović, INN-Vinča, Stojan Petrović, Miroljub Tomić, <i>Mašinski fakultet, Beogradu</i>	117
----------	--	-----

Tematska konferencija NOVE BAZE ZNANJA - Technical Session *NEW KNOWLEDGE BASES*

Organizatori - Organizers: Prof. dr Dimitrije Janković i Milosav Djordjević

Sponzori - *Sponsors*: Industrija FIAZ, Prokuplje i Institut za motorna vozila (FRIMEKS & CESiL) Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

YU-95311	ISTRAŽIVANJE PONAŠANJA MOTORNOG VOZILA PRI NESTACIONARNOM KRETANJU NA KRIVOLINIJSKOM PUTU <i>INVESTIGATION OF MOTOR VEHICLE HANDLING DURING UNSTEADY DRIVING ON THE CURVED ROADWAY</i> Rajko Radonjić, <i>Mašinski fakultet, Kragujevac</i>	121
YU-95313	JEDAN OPŠTI PRISTUP NALAŽENJA PRENOSNE FUNKCIJE ZA SISTEM NEZAVISNOG OSLANJANJA VOZILA <i>ONE GENERAL APPROACH OF DETERMINATION TRANSFER FUNCTION FOR INDEPENDENT SUSPENSION SYSTEM</i> Aleksandra Janković, Danijela Đokić, <i>Mašinski fakultet, Kragujevac</i> , Svetolik Joković, <i>Viša tehnička škola, Kragujevac</i>	125
✓ YU-95314	RAZVOJ METODE ZA PROJEKTOVANJE SISTEMA ZA UPRAVLJANJE SA ASPEKTA MINIMIZACIJE LEPRŠANJA UPRAVLJIVIH TOČKOVA TERETNIH MOTORNH VOZILA <i>DEVELOPMENT OF THE METHOD FOR DESIGNING OF THE STEERING SYSTEMS OF THE HEAVY DUTY VEHICLES FROM THE ASPECT OF MINIMIZATION OF THE STEERED WHEELS SHIMMY</i> Miroslav Demić, Danijela Đokić, Jasna Glišović, <i>Mašinski fakultet, Kragujevac</i>	129
YU-95315	ODREDJIVANJE RASPODELE KOEFICIJENTA PRITISKA OKO VOZILA PRIMENOM PANELNE METODE <i>DETERMINATION OF PRESSURE COEFFICIENT DISTRIBUTION AROUND ROAD VEHICLE BY THE APPLICATION OF THE PANEL METHOD</i> Slobodan Stupar, Aleksandar Bengin, <i>Mašinski fakultet, Beograd</i>	133
YU-95322	SISTEM GVK ZA POTREBE KABINSKIH PROSTORA AUTOMOBILA <i>HVAC SYSTEMS FOR THE NEEDS OF CAR CABINS AREA</i> Mile Šiljak, <i>Viša tehnička škola, Požarevac</i>	137
YU-95323	DETERMINATION OF SEMITRAILERS SUPPORTING UNITS LOADING WITH PLIANCY ELASTIC SUSPENSION BRACKETS ELEMENTS CALCULATIONS Valery Maksimov, Evgeny Petukhov, <i>Odessa Polytechnical Institute, Ukraine</i> , Dimitrije Janković, <i>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu</i>	141
YU-95324	SOME PARTICULARITIES OF RISE OF FATIGUE CRACKS IN AXLE BEAM WITH RESPECT TO TECHNOLOGICAL AND STRUCTURAL FACTORS N. Arcibasheva, O. Goncharova, A. Nitcevič, <i>Odessa Polytechnical Institute, Ukraine</i>	144
✓ YU-95331	PRORAČUN ELEMENATA NOSEĆE KONSTRUKCIJE PUTNIČKOG AUTOMOBILA U USLOVIMA MAKSIMALNIH UZDUŽNIH SILA <i>CALCULATION OF THE BEARING STRUCTURE ELEMENTS OF PASSENGER CAR UNDER THE CONDITIONS OF MAXIMUM LONGITUDINAL FORCES</i> Milan Milovanović, Aleksandar Sarić, <i>Zastava - Institut za automobile, Kragujevac</i>	148
YU-95332	PRORAČUN NOSEĆE KONSTRUKCIJE AUTOBUSA KORIŠĆENJEM PODSTRUKTURA U STRUKTURALNOJ ANALIZI <i>STRUCTURAL ANALYSIS OF A BUS BODY APPLYING THE METHOD OF SUBSTRUCTURES</i> Slave Jakovovski, <i>Mašinski fakultet, Univerzitet "Sv. Kiril i Metodij", Skoplje, Makedonija</i>	152

YU-95314

RAZVOJ METODE ZA PROJEKTOVANJE SISTEMA ZA UPRAVLJANJE SA ASPEKTA  
MINIMIZACIJE LEPRŠANJA UPRAVLJIVIH TOČKOVA TERETNIH MOTORNII VOZILADEVELOPMENT OF THE METHOD FOR DESIGNING OF THE STEERING SYSTEMS OF THE HEAVY DUTY VEHICLES  
FROM THE ASPECT OF MINIMIZATION OF THE STEERED WHEELS SHIMMYProf. dr Miroslav Demeć, Ac., Danijela Dokić, dipl. inž. maš., Jasna Glišović, dipl. inž. maš.  
*Mošinski fakultet, Kragujevac*

**IZVOD** U toku kretanja teretnih motornih vozila po neravnim putevima, dinamički hodovi sistema za oslanjanje dovode do pojave "lepršanja" prednjih (upravljivih) točkova i prednje osovine. Pomenuta pojava ima negativan uticaj na zamor vozača, ali i na habanje pneumatika i zglobova sistema za upravljanje. U toku projektovanja teretnih vozila, neophodno je težiti minimizaciji "lepršanja" upravljivih točkova i osovine. U ovom radu je, u tom cilju, korišćen metod Hooke-Jeeves-a i ranije razvijen programski paket za optimizaciju.

**KLJUČNE REČI:** teretno vozilo, sistem za upravljanje, sistem za oslanjanje, lepršanje točkova, optimizacija.

**ABSTRACT** Dynamic travels of the suspension systems of the heavy duty vehicles moving along rough roads, lead to the shimmy of the front (steered) wheels and of the front axle. This phenomenon has a negative influence on the fatigue of the driver, as well as on the wear of the tires and the steering system joints. In the phase of the designing of the heavy duty vehicles, it is necessary to minimize the shimmy of the steered wheels and the front axle. For that purpose, the Hooke-Jeeves method and previously developed program package for optimization were used in this paper.

**KEY WORDS:** heavy duty vehicle, steering system, suspension system, wheel shimmy, optimization.

## 1. UVOD

U toku kretanja teretnih motornih vozila po neravnim putevima, dinamički hodovi sistema za oslanjanje dovode do pojave "lepršanja" prednjih upravljivih točkova i prednje osovine. Pomenuta pojava ima negativan uticaj na zamor vozača, ali i na habanje pneumatika i zglobova sistema za upravljanje /5/. U toku projektovanja neophodno je težiti minimizaciji "lepršanja" točkova i prednje osovine, jer se time smanjuju i troškovi kasnijeg održavanja teretnog vozila. Ovaj postupak je poznat u literaturi pod pojmom optimizacija.

U praksi se, u te svrhe, koriste različite metode, a u ovom radu je učinjen pokušaj da se pokaže da su model teretnog vozila razvijen u /1,2/ i programski paket iz /1/, celishodni za optimizaciju parametara sistema za upravljanje teretnog vozila, jer dovode do značajnog smanjenja "lepršanja" upravljivih točkova i prednje osovine. Na žalost, ograničenost prostora nam ne omogućava detaljno opisivanje korišćenih metoda i programa, a zainteresovani o tome mogu više naći u /1,2/.

## 2. OPIS PROBLEMA

U fazi projektovanja sistema za upravljanje teretnih motornih vozila treba uzeti u obzir i uticaj kinematike sistema za oslanjanje. Poznato je iz prakse /7/ da dinamički hodovi sistema za oslanjanje dovode do pojave "lepršanja" upravljivih točkova čak i u slučaju pravolinijskog kretanja teretnog vozila po dobrim putevima /1, 2/.

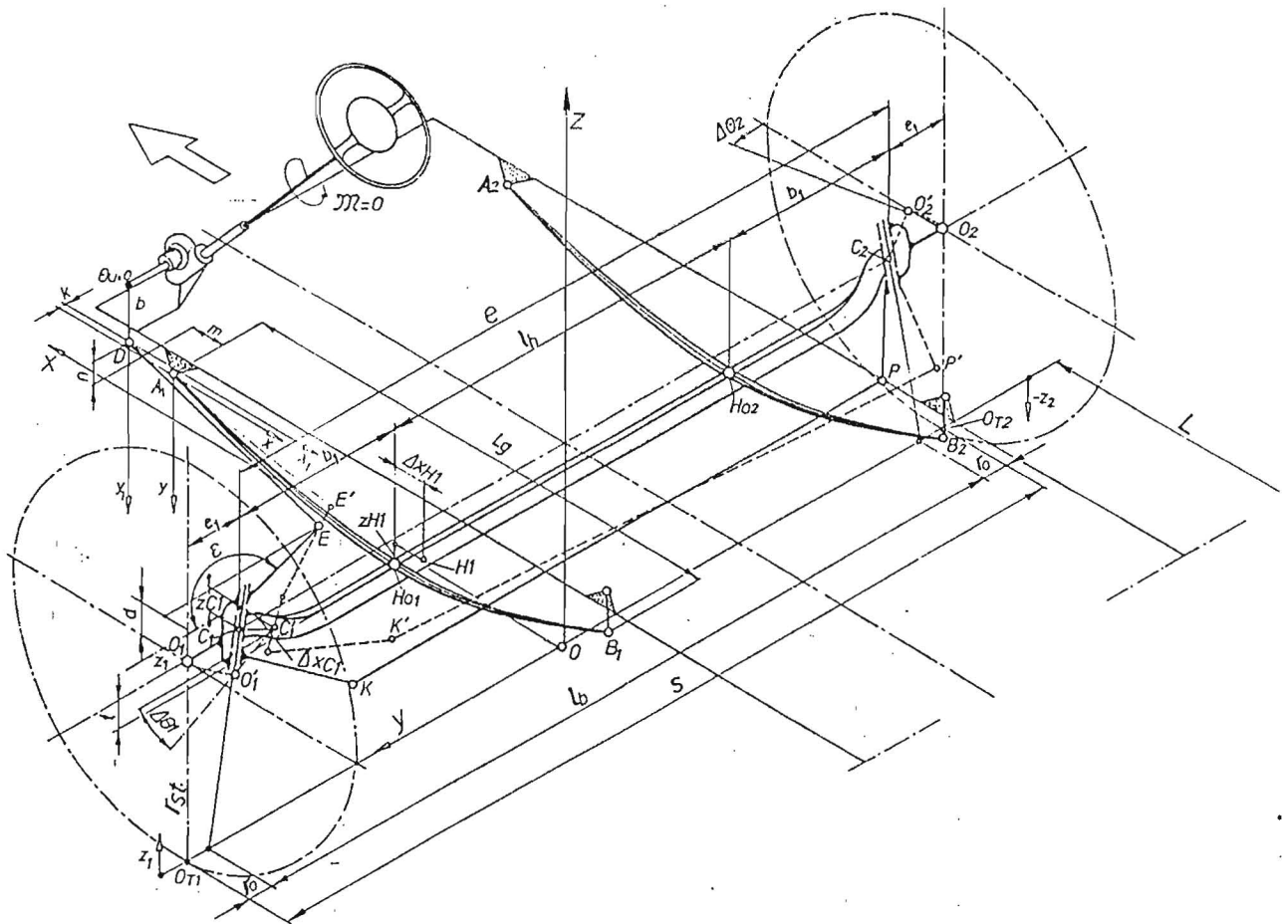
Ovaj rad se bavi analizom uticaja osnovnih konstruktivnih parametara sistema za oslanjanje i upravljanje na "lepršanje" upravljivih točkova. U tu svrhu korišćen je nelinearni dinamički model za opisivanje prostornih oscilacija i "lepršanja" upravljivih točkova i prednje osovine teretnog motornog vozila, u toku njegovog pravolinijskog kretanja.

Radi lakšeg praćenja daljeg teksta, geometrija i odgovarajuće kinematske veze elemenata sistema za upravljanje i oslanjanje teretnog vozila, kao i uvedeni koordinatni sistemi prikazani su na slici 1.

Posmatra se pomeranje tačke veze upravljačke spona i poluge rukavca, E, čije je kretanje ograničeno s jedne strane pretpostavkom da je upravljačka spona kruta, a s druge strane vertikalnim hodom gibnja. Razlika između ta dva pomeranja kompenzuje se "lepršanjem" upravljačkog točka i osovine /5/. Pomoću očiglednih geometrijskih veza, uz poštovanje ograničenja, dolazi se do izraza za relativno pomeranje tačke E u podužnom pravcu. Na sličan način dobijaju se i relativna pomeranja u podužnom pravcu za tačke  $H_1$  i  $H_2$  koje predstavljaju tačke oslonca levog i desnog gibnja na krutoj osovini.

Posmatranjem kretanja krute osovine u poprečnoj i horizontalnoj ravni teretnog vozila dolazi se do izraza za relativna vertikalna pomeranja tačaka  $H_1$  i  $H_2$ , kao i do izraza za relativna pomeranja tačke veze poluge rukavca sa

rukavcem točka,  $C_1$ , i to u vertikalnom i podužnom pravcu.



Slika 1. Šematski prikaz sistema za upravljanje i oslanjanje i geometrija zaokretanja upravljajućih točkova usled vertikalnog kretanja upravljivih točkova

Najzad, korišćenjem dobijenih izraza za podužna pomeranja tačaka  $C_1$  i  $E$ , kao i odgovarajućih kinematskih veza (što je detaljno opisano u /1, 2/), dobija se izraz za ugao "lepršanja" levog upravljačkog točka,  $\Delta\theta_1$  :

$$\Delta\theta_1 = \epsilon - \pi + \arcsin \left[ \sin(\pi - \epsilon) + \frac{\Delta x}{a} \right]. \quad (1)$$

Kao što je očigledno, ugao "lepršanja" levog upravljačkog točka zavisi od : ugla između krute osovine i poluge rukavca ( $\epsilon$ ), razlike relativnih pomeranja u podužnom pravcu tačaka  $C_1$  i  $E$  ( $\Delta x = \Delta x_{C_1} - \Delta x_E$ ) i dužine poluge rukavca ( $a$ ).

Korišćenjem karakterističnih odnosa trapeza upravljanja dobija se i ugao "lepršanja" desnog upravljačkog točka /3, 5/:

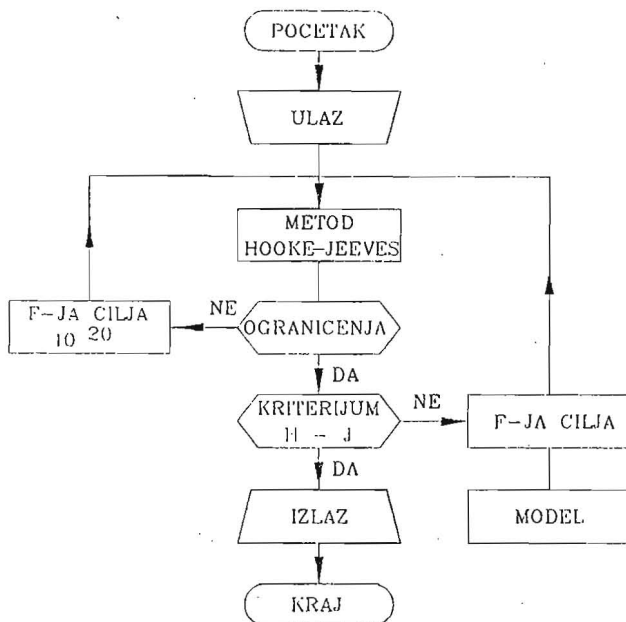
$$\Delta\theta_2 = \frac{\pi}{2} - \arctg \left[ \frac{c}{s} + \frac{1}{\text{tg}\Delta\theta_1} \right], \quad (2)$$

gde su :  $c$  i  $s$  geometrijske veličine očigledne sa slike 1.

U radu je izvršena optimizacija konstruktivnih parametara sistema za upravljanje ( $h, d, l_g, a, b$  i  $\epsilon$ ) u cilju minimizacije srednjeg ugla "lepršanja" prednjih točkova primenom metoda Hooke-Jeeves-a, a detaljna analiza uticaja konstruktivnih parametara na pojavu "lepršanja" upravljivih točkova i prednje osovine opisana je u /1,2/.

### 3. OPTIMIZACIJA I ANALIZA REZULTATA

Za minimizaciju "lepršanja" upravljivih točkova, korišćena je metoda Hooke-Jeeves-a /6/, metoda spoljašnjih kaznenih funkcija i program razvijen u Pascal-u, čiji je blok dijagram dat na slici 2.



Slika 2. Blok dijagram programa u Pascal-u

Postupak optimizacije je detaljno opisan u radu /1/, pa to ovdje neće biti učinjeno.

Detaljnijom analizom problema /1,2/, utvrđeno je da se parametri sistema za oslanjanje i trapeza upravljanja biraju iz drugih uslova (oscilatorne udobnosti, grešaka upravljanja i sl.) /3,4,5/ pa ne mogu biti predmet optimizacije sa aspekta "lepršanja" prednjih točkova i prednje osovine. Zbog toga je očigledno da se mogu optimirati samo veličine koje "neposredno" utiču na "lepršanje" upravljivih točkova i prednje osovine i to :  $h, d, l_s, a, b$  i  $\epsilon$ , pri čemu treba voditi računa o raspoloživom prostoru i drugim konstruktivnim ograničenjima.

Kao primer, posmatrano je dvoosovinsko vozilo iz proizvodnog programa MDD "FAP", čiji su podaci poznati iz /7/, a na osnovu kojih su definisana konstruktivna ograničenja data u Tablici 1.

Tablica 1

Konstruktivna ograničenja
$0,238 \leq h \text{ [m]} \leq 0,400$
$-0,100 \leq d \text{ [m]} \leq 0,250$
$0,700 \leq l_s \text{ [m]} \leq 1,200$
$0,200 \leq a \text{ [m]} \leq 0,375$
$0,200 \leq b \text{ [m]} \leq 0,350$
$2,51 \leq \epsilon \text{ [rad]} \leq 3,60$

Kao što je iz /1,2,6/ poznato, optimalne vrednosti zavise od početnih vrednosti parametara optimizacije. Zbog toga je, proces optimizacije započet sa tri grupe optimirajućih parametara, datih u Tablici 2.

Tablica 2

Stanje vozila	opterećeno / neopterećeno
Brzina vozila	$v = 5 \text{ m/s} ; 10 \text{ m/s}$
Početne vrednosti	$0,5(\text{min} + \text{max}) ; 0,9 \text{ max}; 0,7 \text{ max}$

Iz /1,2/ je poznato da eksploatacioni uslovi utiču na optimalne vrednosti parametara. Zbog toga je, analizom /7/, utvrđeno da je optimizaciju potrebno izvršiti za opterećeno i neopterećeno vozilo pri njegovom kretanju po makadamskom putu karakterističnim eksploatacionim brzinama od 5 i 10 m/s za tri kombinacije vrednosti početnih parametara.

Analize su pokazale da je ugao lepršanja prednje osovine zanemarljivo mali pa je u ovom radu izvedena minimizacija "lepršanja" upravljivih točkova usled hodova sistema za oslanjanje. Zbog toga je usvojena funkcija cilja u obliku :

$$z = \frac{\theta_L + \theta_D}{2} \quad (3)$$

gde su:  $\theta_L$  i  $\theta_D$  - efektivne vrednosti uglova "lepršanja" levog i desnog upravljajućeg točka.

Posle oko 48 h rada računara HP 9000/80 SF, izračunate su optimalne vrednosti pomenutih parametara. Analizom je utvrđeno da se minimalna vrednost funkcije cilja, za posmatrane uslove eksploatacije, dobija kad su početne vrednosti 0,7 max (Tablica 1). Radi ilustracije, u Tablici 3 date su realne vrednosti konstruktivnih parametara posmatranog vozila i odgovarajuće optimalne vrednosti. Kao karakteristično, usvojeno je optimalno stanje za  $v = 10 \text{ m/s}$ .

Tablica 3

	Sadašnje stanje	Optimalno stanje
$h \text{ [m]}$	0,323	0,238
$d \text{ [m]}$	0,0	-0,066
$l_s \text{ [m]}$	0,890	0,722
$a \text{ [m]}$	0,312	0,202
$b \text{ [m]}$	0,272	0,245
$\epsilon \text{ [rad]}$	3,14159	2,513

Od interesa za analizu je da se uporede veličine "lepršanja" upravljivih točkova i prednje osovine pre i posle optimizacije. Veličine efektivnih vrednosti date su u Tablici 4.

Tablica 4 5. LITERATURA

"Lepršanje" točka	Efektivne vrednosti [ rad ]		
	Levi točak	Desni točak	Osovina
Sadašnje stanje	$1,866678 \cdot 10^{-2}$	$2,10274 \cdot 10^{-2}$	$4,11967 \cdot 10^{-3}$
Posle optimizacije	$2,73615 \cdot 10^{-3}$	$2,93208 \cdot 10^{-3}$	$2,98180 \cdot 10^{-3}$

Na osnovu podataka iz Tablice 4, može se zaključiti da je optimizacija smanjila "lepršanje" upravljivih točkova i prednje osovine kod posmatranog tipa teretnog vozila, u odnosu na stanje pre optimizacije (levi i desni točak oko 85% a prednja osovina 27%).

#### 4. ZAKLJUČCI

Na osnovu izvršenih istraživanja, može se zaključiti sledeće:

1. "Lepršanje" upravljivih točkova i prednje osovine usled hodova sistema za oslanjanje izaziva negativne efekte, pa je potrebno, još u fazi projektovanja vozila, težiti njegovom smanjenju;
2. Metode stohastičke parametarske optimizacije omogućavaju automatski izbor optimalnih parametara sistema za upravljanje sa aspekta minimizacije "lepršanja" upravljivih točkova i prednje osovine;
3. Optimizacija parametara jednog tipa teretnog vozila pokazala je da je moguće značajno smanjenje "lepršanja" upravljivih točkova i prednje osovine, čime su stvoreni uslovi za masovnije korišćenje razvijenog programskog paketa u praksi.

Rad predstavlja deo istraživanja na projektu " Modeliranje dinamičkog sistema vozač - vozilo - okruženje sa aspekta stabilnosti i upravljivosti" koji finansira Fond za nauku Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije.

/1/ Demić M.: Analysis of influence of design parameters on steered wheels shimmy of heavy duty vehicle, Vehicle System Dynamics (rad u štampi).

/2/ Demić M., Šavić R.: Izbor konstruktivnih parametara sistema za upravljanje teretnih vozila sa aspekta minimizacije lepršanja upravljajućih točkova, Tehnika 2/95, Beograd, 1995 (rad u štampi).

/3/ Minić M.: Sistemi za upravljanje teretnih vozila, ABC glas, Beograd, 1992.

/4/ Mitschke M.: Dynamik der Kraftfahrzeuge, Springer Verlag, 1983.

/5/ Simić D.: Motorna vozila, Naučna knjiga, Beograd, 1988.

/6/ Bunday P.: Basic Optimization Methods, Spottiswoode Ballantyne, Cochester and London, 1984.

/7/ MDD "FAP": Informacije, 1995.