

Motorna vozila i motori

Motor Vehicles and Engines



Zbornik radova
Proceedings

MVM 2002

XII MEĐUNARODNI NAUČNI SIMPOZIJUM
INTERNATIONAL SCIENTIFIC SYMPOSIUM

7. - 9. oktobar 2002, Kragujevac

Naučni odbor / Scientific committee

Predsednik / President:

Ac. prof. dr Miroslav Demić, MF Kragujevac

Zamenik predsednika / Vice President:

Prof. dr Radivoje Pešić, MF Kragujevac

Sekretar / Secretary:

Docent dr Jovanka Lukić, MF Kragujevac

Prof. dr H. Appel, Germany

Prof. dr P. L. Ardoino, Italy

Prof. dr G. Belingardi, Italy

Prof. dr T. Gillespie, USA

Prof. dr K. Golec, Poland

Prof. dr D. Gruden, Germany

Prof. dr H. Kaleli, Turkey

Prof. dr Z. Lozia, Poland

Prof. dr P. Lugner, Austria

Prof. dr J. Mrđa, Republika Srpska

Prof. dr V. Negrea, Romania

Ac. prof. dr V. E. Tolsky, Russia

Prof. dr Z. Samaras, Greece

Prof. dr C. Spentzas, Greece

Prof. dr F. Časnji, FTN, Novi Sad

Prof. dr Č. Duboka, MF Beograd

Prof. dr R. Durković, MF Podgorica

Prof. dr A. Grujović, MF Kragujevac

Prof. dr A. Janković, MF Kragujevac

Prof. dr B. Krstić, MF Kragujevac

Dr Ž. Milić, Zastava Kamioni

Dr M. Milovanović, Institut za automobile

Prof. dr B. Nikolić, MF Podgorica

Prof. dr S. Petrović, MF Beograd

Prof. dr D. Radonjić, MF Kragujevac

Prof. dr R. Radonjić, MF Kragujevac

Ac. prof. dr D. Simić, MF Kragujevac

Prof. dr A. Stefanović, MF Niš

Prof. dr S. Veinović, MF Kragujevac

Organizacioni odbor / Organizing committee

Predsednik/President

Prof. dr Radivoje Pešić, MF Kragujevac

Zamenik predsednika / Vice President:

Dragan Banić, ZASTAVA

Mr Sc. Z. Bogdanović, R&D, ZASTAVA

V. Kostić, ZASTAVA

Dr B. Nedeljković, ZASTAVA

S. Ristić, ZASTAVA YUGO Sport

Ž. Vasiljević, ZASTAVA kamioni

Prof. dr S. Veinović, MF Kragujevac

Organizatori skupa / Symposium organizers

Katedra za motorna vozila i motore, Mašinskog fakulteta u Kragujevcu / Motor vehicles and engines department at Faculty of Mechanical Engineering Kragujevac

Časopis MVM / Journal MVM

Društvo ZASTAVA automobili - Institut za automobile / Company ZASTAVA cars -R&D

Društvo ZASTAVA kamioni T.T.R. / Company ZASTAVA trucks R&D

JUMV / YUMV

Skupština grada Kragujevca / City council of Kragujevac

Pokrovitelji skupa / The meeting sponsors

Vlada SR Jugoslavije / FRY Government

Vlada Republike Srbije / Rep. Serbia Government

Grupa ZASTAVA vozila AD / Group ZASTAVA vehicles

Društvo ZASTAVA automobili / Company ZASTAVA cars

ZASTAVA kamioni / Company ZASTAVA trucks

Izdavač: Mašinski fakultet u Kragujevcu
YU-34000 Kragujevac, ul. Sestre Janjić broj 6

Za izdavača: Prof. dr Radovan Slavković - dekan

Urednici: Ac. prof. dr Miroslav Demić
Prof. dr Radivoje Pešić

Korektura: Mr Radomir Pavlović

*Tehnička priprema,
kompjuterski prelom i korice:* Prof. dr Radivoje Pešić

Štampa: GRUPA ZASTAVA VOZILA a.d.,
PJ Agencija za grafički dizajn i štampu, Kragujevac

ISBN 86-80581-43-7

Godina izdanja: 2002. godine

Tiraž: 250 primeraka

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

629.3 (063) (082)
629.11 (063) (082)
662.75/.76 (063) (082)

МЕЂУНАРОДНИ научни симпозијум Моторна возила и мотори (12 ; 2002 ; Крагујевац)

Motorna vozila i motori : zbornik radova = Motor Vehicles and Engines : proceedings / XII međunarodni naučni simpozijum Motorna vozila i motori MVM 2002 = [XII] International Scientific Meeting Motor Vehicles and Engines, 7-9. oktobar, 2002., Kragujevac : [urednici Miroslav Demić, Radivoje Pešić]. - Kragujevac : Mašinski fakultet, 2002 (Kragujevac : Grupa zastava vozila, Agencija za grafički dizajn i štampu). - 305 str. : ilustr. ; 24 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 250. - Abstracts. - Bibliografija uz sve radove.

ISBN 86-80581-43-7

a) Моторна возила - Зборници b) Мотори са унутрашњим сагоревањем - Зборници c) Горива - Зборници
COBISS-ID 100972044

© Preštampavanje i umnožavanje zabranjeno i u celini i u delovima

Izdavanje ovog zbornika radova pomogli su:

*Ministarstvo za nauku, tehnologije i razvoj Republike Srbije,
Savezni sekretarijat za razvoj i nauku,
Zastava automobili a.d.,
Zastava automobili rezervni delovi,
NIS Rafinerija nafte Pančevo,
Rafinerija ulja Modriča,
Centar za TIV Mašinskog fakulteta u Kragujevcu,*

SADRŽAJ / CONTEST

RADOVI STRANIH AUTORA / PAPERS OF FOREIGN AUTHORS

A. Research & development of motor vehicles

YU-02001	<i>Vladimir Kokotović (USA)</i> ELECTRO-HYDRAULIC POWER ASSIST STEERING CONTROL SYSTEM	1
YU-02002	<i>Vladimir Kokotović (USA)</i> CONTROL DEVELOPMENT PROCESS	11
YU-02003	<i>S.V. Belotserkovsky V. E. Toliskiy, (Ru)</i> CONTEMPORARY DEMAND TO ACOUSTIC CHARACTERISTICS THE MUFFLERS OF THE VEHICLES	21
YU-02004	<i>Elena Neagu, Gheorghe Potincu, Tiberiu Macarie (Ro)</i> CONSIDERATIONS OVER THE DRIVER INFORMATION PROCESSING CHARACTERISTICS	23
YU-02005	<i>Vladimir Tarasic, Sergei Rynkevich (Brus)</i> AN INTELLIGENT SYSTEM FOR POWER MODES CONTROL OF TRUCKS WITH HYDRO-MECHANICAL TRANSMISSION	27
YU-02006	<i>Gheorghe Potincu, Elena Neagu (Ro)</i> CONSIDERATIONS OVER THE DISTRIBUTION OF BRAKING FORCES ON AXLES WITH AN APPLICATION ON THE AUTOMOTIVES MADE IN ROMANIA	31
YU-02007	<i>Stefan Tabacu, Nicolae Pandrea (Ro)</i> THE STUDY OF THE LATERAL IMPACT OF TWO CARS USING THE MODEL OF COLLISION WITH FRICTION OF TWO FREE SOLIDS	35
YU-02008	<i>Grzegorz Koralewski (Pl)</i> COMPARATIVE SIMULATION STUDIES CONCERNING THE EFFECT OF PRODUCTION TECHNOLOGY OF HYDRAULIC TORQUE CONVERTER TORUSES ON VEHICLE FUEL-TRACTION PROPERTIES	39
YU-02009	<i>Ion Tabacu, Florian Ivan, Alexandru Boroiu, V. Nicolae (Ro)</i> ANALYZE OF THE ROAD TRAFFIC FACTORS WITHIN PITESTI CITY IN THE AIM OF OPTIMIZATION THE PUBLIC TRANSPORT SYSTEM BY REGULATED SERVICES	43
YU-02010	<i>Stanislav Pehan, Breda Kegl (Sl)</i> CARBON FIBRE AUTOMOBIL WHEEL	49

B. Research & development of motor vehicles powertrain

YU-02011	<i>Jacek Snamina, Krzysztof Śliwiński (Pl)</i> TWO STROKE ENGINE OF STAR SYSTEM WITH A WHIRLING WATER RING	53
YU-02012	<i>Tadeusz Papuga (Pl)</i> INFLUENCE OF SPARK DISCHARGE ENERGY ON THE VARIATION OF ENGINE WORK CYCLE	57
YU-02013	<i>Marek Brzezanski (Pl)</i> TOXICITY OF EXHAUST GASES AND ANALYSIS OF TEMPERATURE OF COMBUSTION ENGINE ON IDLE GEAR DURING WARMING UP PHASE	61

YU-02014	<i>Adrian Clenci, Vasile Hara (Ro)</i> ANALYTICAL SYNTHESIS OF INTAKE CAM IN ORDER TO OBTAIN MILLER CYCLE TECHNOLOGY	65
YU-02015	<i>Virgiliu Dan Negrea, Agapie Mihai (Ro)</i> RESEARCH ON THE MEASURING DEVICE OF THE AIR FLOW, MEANT FOR COMPUTER CONTROL OF OPERATION OF RAILWAY AND SHIP ENGINES	69
YU-02016	<i>Primož Pogorevc, Breda Kegl (Sl)</i> DEVELOPMENT OF A SPECIAL INTAKE SYSTEM	71
YU-02017	<i>Breda Kegl, Stanislav Pehan (Sl)</i> PROGRAMMING OF AN ELECTRONIC CONTROL GASOLINE INJECTION SYSTEM	75

C. Research & development of mechatronics and diagnostics of motor vehicles and engines

YU-02018	<i>Michal Pracik, Kazimierz Golec, Wieslaw Cichocki (Pl)</i> TIME OF DIAGNOSTIC MEASUREMENTS IN AN EVOLVING LARGE SCALE SYSTEM ...	79
YU-02019	<i>Lefter Emilian, Dragomirescu Cristian, Alexandru Magdalena (Ro)</i> THE ANALYSIS OF THE IGNITION SYSTEM FROM THE DETERMINATION OF FUNCTIONAL PARAMETERS	83

D. Research & development of fuel and lubricants use in motor vehicles and engines

YU-02020	<i>Kazimierz Golec, Jerzy Dutczak, Tadeusz Papuga (Pl)</i> INVESTIGATIONS OF SI ENGINE FUELLED BY MEANS OF LIQUID PROPANE-BUTANE INJECTION	87
YU-02021	<i>Virgiliu Dan Negrea, Gh. Pop, G. Padure, A. Pecican (Ro)</i> ASPECTS CONCERNING BURNING IN SPARK IGNITION ENGINES SUPPLIED WITH PETROLEUM GASES	91

RADOVI DOMAĆIH AUTORA / PAPERS OF DOMESTICS AUTHORS

A. Istraživanja i razvoj u oblasti motornih vozila

YU-02022	<i>Miroslav Demić, Constantinos Spentzas, Djordje Diligenski</i> NEKI ASPEKTI ISTRAŽIVANJA LEPRŠANJA UPRAVLJAČKIH TOČKOVA MOTORNOG VOZILA <i>SOME ASPECTS OF INVESTIGATION OF MOTOR VEHICLES STEERED WHEELS SHIMMY</i>	95
YU-02023	<i>Milorad Radetić, Mladen Pantić</i> UTICAJ KOSTRUKCIONIH PARAMETARA I PRIMENJENOG SISTEMA UPRAVLJANJA NA ZAOKRET BRZOHODNOG GUSENIČNOG VOZILA <i>INFLUENCE OF VEHICLE DESIGN PARAMETERS AND APPLIED CONTROL SYSTEM ON TURN OF HIGH-SPEED TRACKED VEHICLE</i>	99
YU-02024	<i>Rajko Radonjić</i> UZAJAMNO DEJSTVO SISTEMA VOZAČ - VOZILO SA ASPEKTA STABILNOSTI I UPRAVLJIVOSTI <i>DRIVER-VEHICLE INTERACTION WITH RESPECT TO STABILITY AND STEERINGABILITY</i>	103

YU-02025	<i>Danijela Miloradović, Jasna Glišović</i> ANALIZA KINEMATSKE INTERAKCIJE SISTEMA ZA UPRAVLJANJE I SISTEMA ELASTIČNOG OSLANJANJA PUTNIČKOG VOZILA ANALYSIS OF KINEMATIC INTERACTION BETWEEN STEERING AND SUSPENSION SYSTEM OF PASSENGER CAR	107
YU-02026	<i>Borisav Baralić, Prvoslav Jakovljević</i> OPTIMIZACIJA PARAMETARA TRAPEZA UPRAVLJANJA SA ASPEKTA MINIMIZACIJE GREŠAKA ZAOKRETANJA UPRAVLJAJUĆIH TOČKOVA OPTIMIZATION OF THE STEERING TRAPEZE PARAMETERS FROM THE ASPECTS OF MINIMIZATION OF THE ERRORS OF THE STEERING WHEELS TURNING	111
YU-02027	<i>Mladen Pantić, Milorad Radetić</i> PREPORUKE ZNAČAJNE ZA PRVU FAZU PROJEKTOVANJA SLOŽENIH PRENOSNIKA SNAGE BRZOHODIH GUSENIČNIH VOZILA IMPORTANT RECOMMENDATIONS FOR THE FIRST PHASE OF DESIGN OF COMPOUND GEAR TRAINS OF FAST TRACKED VEHICLES	115
YU-02028	<i>Branko Vasić, Nada Stanojević, Igor Vukićević</i> CATIA - PRISTUP U PROJEKTOVANJU MOTORNIM VOZILIMA CATIA - MOTOR VEHICLES DESIGN	119
YU-02029	<i>Zoran Bogdanović, Milan Popović</i> METODOLOGIJA INOVIRANJA MODELA ZASTAVA KORAL In I FLORIDA In INNOVATION METHODOLOGY OF THE MODEL ZASTAVA KORAL In AND FLORIDA In	123
YU-02030	<i>Zoran Bogdanović, Miloš Kojić, Gordana Bogdanović</i> POSTUPAK MODELIRANJA KONSTRUKCIJA KOJE SADRŽE KRUTA TELA A FEM PROCEDURE FOR MODELING OF STRUCTURES CONTAINING RIGID BODIES	127
YU-02031	<i>Dragan Aleksandrić, Čedomir Duboka, Živan Arsenić</i> PRAĆENJE TRENJA U KOČNICAMA VUČNOG VOZA FRICTION MONITORING SYSTEM OF VEHICLE COMBINATION	133
YU02032	<i>Jasna Glišović, Rajko Radonjić, Danijela Miloradović</i> ANALIZA RADNIH KARAKTERISTIKA DOBOŠ KOČNICA NUMERIČKIM METODAMA ANALYSIS OF WORKING CHARACTERISTICS OF DRUM BRAKES BY NUMERICAL METHODS	137
YU02033	<i>Jovanka Lukić, Miroslav Demeć</i> STATISTIČKA ANALIZA KONCEPCIJE VOZILA FORMULE TOČKOVA 4x4 UKUPNE MASE DO 4t STATISTICAL ANALYSIS OF VEHICLE CONCEPT WITH WHEEL FORMULA 4x4 OF TOTAL WEIGHT 4t	141
YU-02034	<i>Branislav Nedeljković, Miroljub Trifunović, Srđan Nikezić</i> IZRADA FRIKCIJONIH ELEMENATA NA BAZI KOMPOZITA SA METALNOM MATRICOM PRODUCTION OF FRICTION ELEMENTS BASED ON METAL MATRIX	145
YU-02035	<i>Mile Šiljak, Mihail Šiljak</i> UTICAJ TEMPERATURE POVRŠINA KABINSKOG OMOTAČA NA UGODNOST VOZAČA TERETNOG MOTORNOG VOZILA EFFECT OF TEMPERATURE OF THE TRUCK CABIN COVER SURFACE TO DRIVER COMFORT	149

YU-02036	<i>Branislav Rakićević, Saša Mitić, Ivan Blagojević</i> IDENTIFIKACIJA PONAŠANJA REZERVOARA SPECIJALNOG KOMBINOVANOG KOMUNALNOG VOZILA <i>BEHAVIOUR IDENTIFICATION OF SPECIAL COMBINED COMMUNAL VEHICLE'S TANK BODY</i>	153
YU-02037	<i>Živko Stjelja, Zoran Jelenković, S. Joksimović, G. Janošević</i> VUČNA KARAKTERISTIKA TRAKTORA U USLOVIMA KOSE VUČE <i>TRACTION CHARACTERISTIC OF THE VEHICLE IN THE CONDITIONS OF SLANT TRACTION</i>	157
YU-02038	<i>Zorica Pantelić Milinković, Miloš Radisavljević, Jasna Radulović</i> PARAMETRI KOJI UTIČU NA IZBOR VIBRO-AKUSTIČKIH MATERIJALA <i>PARAMETERS ON WHICH DEPENDS CHOICE OF VIBRO-ACOUSTIC MATERIALS</i>	161
YU-02039	<i>Živorad Milić</i> PRILOG ISTRAŽIVANJU UTICAJA SLOŽENIH VIBRACIJA NA ZAMOR ČOVEKA <i>A CONTRIBUTION OF THE COMPLEX VIBRATION INVESTIGATION ON THE HUMAN FATIGUE</i>	165
YU-02040	<i>Snažana Vrekić, Miroslav Živković, Milan Milovanović</i> STATIČKA ISPITIVANJA TANKOZIDNIH NOSAČA SA PRORAČUNOM METODOM KONAČNIH ELEMENATA <i>STATIC EXPERIMENTS OF THINWALLED GIRDERS USING FINITE ELEMENT METHOD.</i>	169
YU-02041	<i>Zoran Papić, Svetozar Kostić, Vuk Bogdanović</i> ZAHTJEVI STRUKTURNIH KARAKTERISTIKA AUTOMOBILA SA ASPEKTA ZAŠTITE PUTNIKA PRILIKOM SUDARA <i>REQUESTS FOR THE CARS STRUCTURAL CHARACTERISTICS FROM THE ASPECT OF PASSENGER PROTECTION IN CASE OF IMPACT</i>	173
YU-02042	<i>Saša Mitić, Predrag Miletić, Branislav Rakićević</i> DOPRINOS UREĐAJA ZA BELEŽENJE PODATAKA NA VOZILU BEZBEDNOSTI VOZILA I ANALIZI UDESA <i>THE CONTRIBUTION OF VEHICLE DATA RECORDERS TO VEHICLE SAFETY AND ACCIDENT ANALYSIS</i>	177
YU-02043	<i>Dimitrije Obradović, Milan Stanojević</i> UTICAJ KONSTRUKCIJSKIH I EKSPLOATACIONIH PARAMETARA NA VEK KOTRLJAJNIH LEŽAJEVA TRANSMISIJE VOZILA <i>THE EFFECT OF CONSTRUCTION AND EXPLOITATION PARAMETERS TO THE LIFETIME OF VEHICLE TRANSMISSION ROLLER BEARINGS</i>	181
YU-02044	<i>Zoran Popović, Slobodan Milidrag, Slavko Muždeka</i> RECIRKULACIJA RADNOG FLUIDA U TRANSMISIJAMA SA HST U FUNKCIJI POBOLJŠANJA KINEMATSKOG STEPENA ISKORIŠĆENJA <i>HYDRAULIC FLUID RECIRCULATION IN TRANSMISSIONS WITH HST FOR UPGRADE KINEMATIC EFFICIENCY</i>	185
YU-02045	<i>Božidar Krstić</i> ODREĐIVANJE PARAMETARA ZAJEDNIČKOG RADA POGONSKOG MOTORA I TRANSMISIJE MOTORNIM VOŽILIMA <i>DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF THE DRIVE ENGINE AND TRANSMISSION JOINT WORK AT THE MOTOR VEHICLES</i>	189

YU-02046	<i>Božidar Krstić</i> ISTRAŽIVANJE DINAMIČKOG PONAŠANJA HIDRODINAMIČKIH PRENOSNIKA U TRANSMISIJAMA MOTORNH VOZILA <i>INVESTIGATION OF THE DYNAMICS BEHAVIOR OF THE HYDRODYNAMICS TRANSMISSIONS IN THE MOTOR VEHICLES TRANSMISSION</i>	193
YU-02047	<i>Vanja Šušteršič, Milun Babić, Dušan Gordić</i> MATEMATIČKI MODEL AUTOMATSKE TRANSMISIJE U PUTNIČKIM VOZILIMA <i>MATHEMATICAL MODEL OF AUTOMATIC TRANSMISSION IN PASSENGER CARS</i>	197
<i>B. Istraživanja i razvoj u oblasti pogonskih agregata motornih vozila</i>		
YU-02048	<i>Snežana Petković, Radivoje Pešić, Jovo Mrđa, Stevan Veinović</i> MODELIRANJE PRENOSA TOPLOTE U IZDUVNIM CIJEVIMA MOTORA <i>HEAT TRANSFER MODELING IN THE EXHAUST PIPES OF ENGINE</i>	201
YU-02049	<i>Slobodan Popović, Dragan Knežević, Stojan Petrović</i> ANALIZA UTICAJA PRINCIPA MERENJA PROTOKA GASA I KALIBRACIJE NA TAČNOST ODREĐIVANJA STEPENA RAZBLAŽENJA I EKIVALENTNOG PROTOKA IZDUVNOG GASA KOD MIKRO -TUNELA <i>GAS MASS FLOW MEASUREMENT AND CALIBRATION PRICIPLE INFLUENCE ON MICRO-TUNEL MASS DILUTION RATIO AND EQUIVALENT EXHAUST GAS MASS FLOW ACCURACY</i>	205
YU-02050	<i>Miroljub Tomić, Marko Četrić, Stojan Petrović</i> MOGUĆNOSTI POBOLJŠANJA EKONOMIČNOSTI OTO MOTORA NA DELIMIČNIM OPTEREĆENJIMA <i>POSSIBILITIES OF A SPARK IGNITION ENGINE FUEL ECONOMY IMPROVEMENT AT LOW LOAD OPERATING CONDITIONS</i>	209
YU-02051	<i>Zoran Jovanović</i> NEKE PREDNOSTI DEAKTIVIRANJA JEDNOG OD USUSNIH VENTILA KOD 4. - VENTILSKIH MOTORA <i>SOME BENEFITS OF PORT DEACTIVATION IN 4-VALVE ENGINES</i>	213
YU-02052	<i>Predrag Petrović, Zoran Graždanić, Ljubiša Marković</i> MODALNI ODZIVI KOLENASTOG VRATILA DIZEL MOTORA <i>MODAL RESPONSES CRANKSHAFT OF DIESEL ENGINE</i>	217
YU-02053	<i>Dragan Knežević, Stojan Petrović, Slobodan Popović, Maja Matejić</i> UTICAJ SISTEMA EGR NA KORELACIJU NO _x -DIM I NO _x -HC KOD DIZEL MOTORA SA DIREKTNIM UBRIZGAVANJEM <i>THE INFLUENCE OF EGR SYSTEM ON CORRELATION OF NOX-SMOKE AND NOX-HC WITH DIRECT INJECTION DIESEL ENGINES</i>	221
YU-02054	<i>Vojin Rakić, Dragoljub Radonjić, Andrija Savčić, Saša Jovanović</i> UTICAJ DINAMIČKIH PROCESA U TOKU IZMENE RADNE MATERIJE NA KONSTRUKTIVNU KONCEPCIJU USISNO-IZDUVNOG SISTEMA <i>INFLUENCE OF THE DYNAMIC PROCESS IN THE COURSE OF THE GAS EXCHANGE ON THE CONSTRUCTIVE CONCEPT OF IC ENGINE INTAKE-EXHAUST SYSTEM</i>	225
YU-02055	<i>Miodrag Grubiša</i> KATALIZATORI U VOZILIMA "ZASTAVA" <i>CATALYSTS IN "ZASTAVA" VEHICLES</i>	229

YU-02056	<i>Radomir Pavlović, Saša Milojević</i> EKOLOŠKE KARAKTERISTIKE KLASIČNIH I SAVREMENIH DIZEL MOTORA ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF CLASSIC AND MODERNE DIESEL ENGINES	233
YU-02057	<i>Radovan Ćirić, Svetislav Marković, Aleksandar Veg, Danica Josifović</i> KVALITATIVNI POKAZATELJI TRENJEM ZAVARENOG ROTORA TURBOKOMPRESORA QUALITY INDICES OF THE FRICTION WELDED TURBO-COMPRESSOR ROTOR	237

C. Istraživanje i razvoj u oblasti mehatronike i dijagnostike MVM

YU-02058	<i>Dragoljub Đurica, Slaviša Todorović, Zoran Gradjin</i> RAZVOJ METODE ZA DIJAGNOSTIKU STANJA PUMPE VISOKOG PRITISKA DEVELOPMENT OF METHOD FOR INJECTION PUMP CONDITION DIAGNOSTICS	241
YU-02059	<i>Radan Durković, Milanko Damjanović</i> ODREĐIVANJE OPTIMALNOG VIJEKA EKSPLOATACIJE MOBILNIH RADNIH MAŠINA DETERMINATION THE OPTIMAL LIFETIME OF EXPLOATATION OF MOBILE WORKING MACHINES	245
YU-02060	<i>Dragan Taranović, Aleksandar Grujović</i> KARAKTERISTIKE MREŽNIH PROTOKOLA U SISTEMIMA UPRAVLJANJA NA MOTORNIM VOZILIMA NETWORK PROTOCOLS CHARACTERISTICS IN MOTOR VEHICLES CONTROL SYSTEMS..	249
YU-02061	<i>Branko Vasić, Gradimir Danon, Branislav Zonjić</i> PRAĆENJE PNEUMATIKA AUTOBUSA U MEĐUGRADSKOM SAOBRAĆAJU INTER CITY BUS TIRE TRACTION	253
YU-02062	<i>Vladimir Popović, Branko Vasić, Saša Mitić</i> INTEGRACIJA PROCESA SIMULACIJE I ISPITIVANJA SISTEMA INTEGRATION OF SYSTEM SIMULATION AND TESTING PROCESS	257
YU-02063	<i>Ivan Blagojević, Gradimir Ivanović, Vladimir Popović</i> MOGUĆNOST BOLJEG UPRAVLJANJA GARANTNIM PERIODOM VOZILA POSSIBILITIES FOR BETTER AUTOMOTIVE WARRANTY MANAGEMENT	261
YU-02064	<i>Siniša Dragutinović, Gradimir Ivanović</i> ANALIZA STABLA OTKAZA UREDJAJA ZA ZAŠTITU OD NEOVLAŠĆENE UPOTREBE- ALARMNI UREĐAJ NA MOTORNOM VOZILU FAULT TREE ANALYSIS OF DEVICE FOR PROTECTION OF UNAUTHORIZED USE - ALARM DEVICE FOR MOTOR VEHICLES	265
YU-02065	<i>Miljko Kokić, Vladeta Kostić, Dragan Rajković</i> RAZVOJ SISTEMA KVALITETA (SQ) U "ZASTAVA AUTOMOBILI" - FUNKCIJA MARKETINGA DEVELOPMENT OF QUALITY SYSTEM (SQ) IN "ZASTAVA AUTOMOBILI"- MARKETING FUNCTION	269

D. Istraživanja i razvoj u oblasti primene pogonskih materijala MVM

YU-02066	<i>Aleksandar Stefanović, Ivan Klinar, Boban Nikolić, Dragan Mitić</i> ODREĐIVANJE METANSKOG BROJA GASOVITIH GORIVA METHANE NUMBER DETERMINATION FOR GAS FUELS	273
----------	--	-----

YU-02067	<i>Dragomir Ičićević, Marica Dugić, Pero Dugić</i> BIORAZGRADIVE MAZIVE MASTI U AUTOMOBILSKOJ INDUSTRIJI BIODEGRADABLE LUBRICANT GREASES IN AUTOMOTIVE INDUSTRIES	277
YU-02068	<i>Ranko Gligorijević, Jeremija Jevtić, Đuro Borak</i> AROMATI U GORIVU I IZDUVNE EMISIJE DIZEL MOTORA RELATIONSHIPS BETWEEN THE AROMATICS IN FUEL AND DIESEL EXHAUST EMISSION	281
YU-02069	<i>Radivoje Pešić, Stevan Veinović, Aleksandar Davinić</i> PRIRODNI GAS KAO SIROVINA I GORIVO ZA MOTORNA VOZILA NATURAL GAS AS RAW MATERIAL AND FUEL FOR MOTOR VEHICLES	285
YU-02070	<i>M. Radovanović, D. Stojiljković, V. Jovanović i dr.</i> MOGUĆNOSTI PRIMENE ADITIVA ZA POBOLJŠANJE MOTORNIH BENZINA U PRIMENI POSSIBILITIES FOR APPLICATION OF ADDITIVES FOR GASOLINE IMPROVEMENT	289
YU-02071	<i>Sudarević Dragana, Kozić Ana</i> DVO-GORIVI DIZEL MOTORI I GASNA GORIVA THE DUAL-FUEL IC ENGINES AND GASEOUS FUELS	293
	INDEKS AUTORA INDEX OF AUTHORS	297

Miloradović D., Glišović J.

ANALIZA KINEMATSKE INTERAKCIJE SISTEMA ZA UPRAVLJANJE I SISTEMA ELASTIČNOG OSLANJANJA PUTNIČKOG VOZILA

Mašinski fakultet u Kragujevcu

IZVOD Sistemi za upravljanje i elastično oslanjanje motornog vozila međusobno su povezani posebno značajnim mehaničkim i funkcionalnim vezama koje direktno utiču na upravljivost, stabilnost, komfor i vek trajanja vozila. Pobude iz zone kontakta pneumatika i tla prenose se preko točka i elemenata sistema elastičnog oslanjanja na karoseriju i sistem za upravljanje. Vozač (zaokretanjem točka upravljača) zaokreće upravljačke točkove izazivajući promene u kinematici upravljačkih točkova i sistema elastičnog oslanjanja. U radu je posmatrana kinematska sprega između sistema za upravljanje tipa zupčanik-zupčasta letva i McPherson-ovog sistema elastičnog oslanjanja putničkog vozila. Cilj istraživanja bilo je utvrđivanje analitičkih zavisnosti između kretanja karakterističnih tačaka i vertikalnog hoda točka, odnosno bočnog pomeranja zupčaste letve.

KLJUČNE REČI: sistem za upravljanje, McPherson-ov SEO, analiza, kinematika

ABSTRACT Steering system and suspension system of the motor car are connected by mechanical and functional couplings that are very important due to their direct influence on turnability, stability, comfort and life-time of the car. Excitations from the contact patch between the tyre and the ground are transferred to the car body and to the steering system through the wheel assembly and the elements of the suspension system. The driver (by turning the steering wheel) turns the steered wheels, thus bringing the changes in kinematics of the steered wheels and of the suspension system. Kinematic coupling between the rack-and-pinion steering system and McPherson suspension system of the passenger car is considered in the paper. The objective of the research was the determination of analytical dependences in order to determine analytical dependencies between the motions of characteristic points and the vertical wheel displacements, that is the lateral rack displacements.

KEY WORDS: steering system, McPherson strut suspension, analysis, kinematics

UVOD

Stabilnost, upravljivost, komfor i vek trajanja motornog vozila zavise od mnogih faktora. Između ostalih, značajni uticajni činioci su geometrijski parametri i kvalitet kinematske sprege prostornih mehanizama sistema za upravljanje i oslanjanje na prednjem, upravljačkom mostu vozila.

Poznavanje analitičkih zavisnosti promena karakterističnih uglova i rastojanja u funkciji od vertikalnog hoda točka ili odabranog kretanja elemenata sistema za upravljanje, važno je, kako pri projektovanju novog vozila, tako i pri analizi ponašanja već postojećeg vozila. S obzirom na raspoloživi matematički aparat, kao i upotrebu računara, analitičko određivanje pomenutih zavisnosti ima veliku primenu /1,4,5/, mada se do zadovoljavajućih rezultata može doći i grafičkim metodama /6/. Bez obzira koji je od načina upotrebljen za dobijanje rezultata, neophodna je i eksperimentalna verifikacija rezultata za svako konkretno vozilo.

U radu je proučena kinematska interakcija između sistema za upravljanje tipa zupčanik-zupčasta letva i sistema elastičnog oslanjanja tipa McPherson. Pomenuti tipovi sistema za

upravljanje i elastično oslanjanje su, danas, najšire rasprostranjeni sistemi na prednjim, upravljačkim mostovima putničkih vozila evropskih proizvođača. Njihova sprega bila je predmet više istraživanja, bilo da se radilo o kinematskoj analizi /2,7/ ili sintezi /3/.

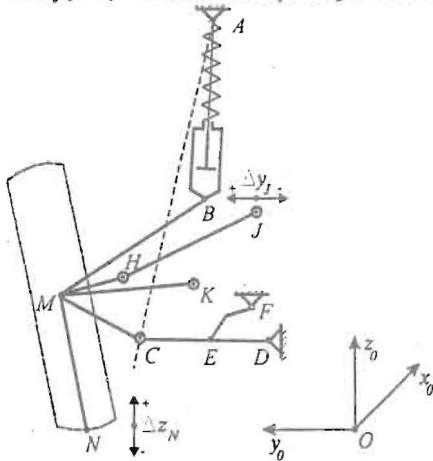
Podaci iz konstruktivne dokumentacije konkretnog putničkog vozila iz proizvodnog programa "Zastave" /8/ korišćeni su u radu pri realizaciji proračuna.

FORMIRANJE KINEMATSKOG MODELA

Sistemi za upravljanje i elastično oslanjanje predstavljaju složene prostorne mehanizme sa odgovarajućim vezama i ograničenjima kretanja pojedinih tačaka, što, svakako, treba uzeti u obzir pri formiranju kinematskog modela.

Na slici 1, prikazana je kinematska šema prednjeg levog točka (M-centar točka, N-tačka kontakta pneumatika i tla) sa elementima sistema elastičnog oslanjanja (AB-sklop amortizer-opruga, CD-oscilujuće rame ili donja poprečna vodica, EF-deo prednjeg stabilizatora), pogonskog sistema (K-homokinetički zglob leve pogonske poluosovine), sistema za upravljanje (HJ-leva spona) i trenutnom osom zaokretanja (AC).

Usvojen je referentni, nepokretni koordinatni sistem, $O_{x_0z_0y_0}$, čiji se koordinatni početak, tačka O , nalazi u ravni tla, u preseku podužne ravni simetrije vozila i vertikalne ravni koja prolazi kroz centre oba prednja točka. Koordinatne ose x_0 , y_0 i z_0 usmerene su na sledeći način: z_0 -osa vertikalno naviše, y_0 -osa ka prednjem levom točku (u statičkom položaju prolazi kroz tačku kontakta pneumatika i tla, N), dok je x_0 -osa upravna na ose y_0 i z_0 i usmerena ka prednjem delu vozila.



Slika 1

Pri proračunima, usvojene su sledeće pretpostavke:

1. Neoslonjena masa vozila je nepokretna (točak, elementi sistema elastičnog oslanjanja i sistema za upravljanje relativno se kreću u odnosu na neoslonjenu masu).
2. Pneumatik je apsolutno krut (rastojanje između tačaka M i N je konstantno).
3. Elementi sistema elastičnog oslanjanja i sistema za upravljanje su apsolutno kruti.

Kao posledica usvojenih pretpostavki, vektori položaja tačke A (veze amortizera za karoseriju), tačke D (veze oscilujućeg ramena za karoseriju) i tačke F (veze stabilizatora za karoseriju) ostaju nepromenjeni:

$$\begin{aligned} \vec{r}_A &= \text{const} \\ \vec{r}_D &= \text{const} \\ \vec{r}_F &= \text{const} \end{aligned} \quad (1)$$

Pošto mehanizme čine elementi - kruta tela, zakoni kretanja nekih tačaka moraju zadovoljiti uslove nepromenljivosti međusobnih rastojanja, što se analitički izražava, na primer za nepromenljivu dužinu oscilujućeg ramena, pomoću:

$$|\vec{r}_C - \vec{r}_D| = l_{CD} = \text{const} \quad (2)$$

gde je l_{CD} - poznata dužina oscilujućeg ramena. Zavisnosti oblika (2) mogu se postaviti za bilo koje dve tačke koje se nalaze na nepromenljivom rastojanju, nezavisno od uslova kretanja.

Tačka veze oscilujućeg ramena za nosač glavčine točka, C , ima specifičan zakon kretanja. Prema uslovima kretanja mehanizma, tačka C rotira oko ose \overline{DF} po krugu konstantnog poluprečnika, koji predstavlja rastojanje tačke C od prave \overline{DF} u statičkom položaju. Centar rotacije tačke C nalazi se u preseku normale iz tačke C na pravu \overline{DF} , pa se njegove koordinate relativno lako određuju.

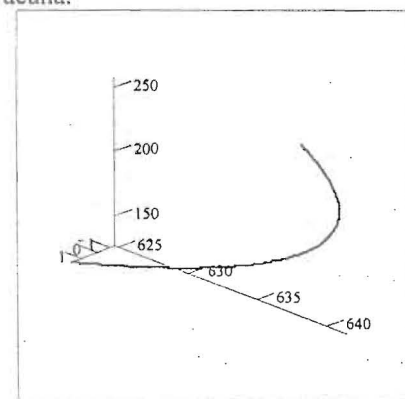
Kretanje tačke veze leve spone i zupčaste letve, J , takođe je strogo definisano - moguće je njeno pomeranje samo u pravcu y -ose, pri čemu je maksimalna vrednost hoda konstruktivno ograničena na $\Delta y_{J_{\max}} = \pm 65 \text{ mm}$.

Proračuni su vršeni za zadata vertikalna pomeranja tačke N (hod točka, Δz_N), i bočna pomeranja tačke J (hod zupčaste letve, Δy_J), vodeći računa o konstruktivno mogućim pomeranjima. Koordinate pojedinih tačaka u statičkom položaju očitane su sa originalnih konstruktivnih crteža /8/.

PRIKAZ I KOMENTAR DOBIJENIH REZULTATA

U skladu sa zadatim ograničenjima kretanja pojedinih tačaka i podacima iz konstruktivne dokumentacije vozila Yugo Florida, napisan je program za rešavanje postavljenog sistema nelinearnih jednačina. Za prikazivanje, odabrane su zavisnosti pojedinih parametara od vertikalnog hoda točka, za tri karakteristična položaja zupčaste letve: neutralni, krajnji desni i krajnji levi. Time je omogućen uvid u interakciju sistema za upravljanje i sistema elastičnog oslanjanja u slučajevima kada je: 1/ točak postavljen u položaj za pravolinijsku vožnju, 2/ točak spoljašnji pri zaokretanju vozila i 3/ točak unutrašnji pri zaokretanju vozila. Analizom su obuhvaćeni osnovni geometrijski i kinematski uticajni parametri točka i sistema elastičnog oslanjanja.

Na slici 2 prikazana je prostorna putanja tačke C pri vertikalnom kretanju točka u neutralnom položaju. Očigledno je da se tačka C kreće po kružnoj putanji, što je i bio jedan od uslova proračuna.

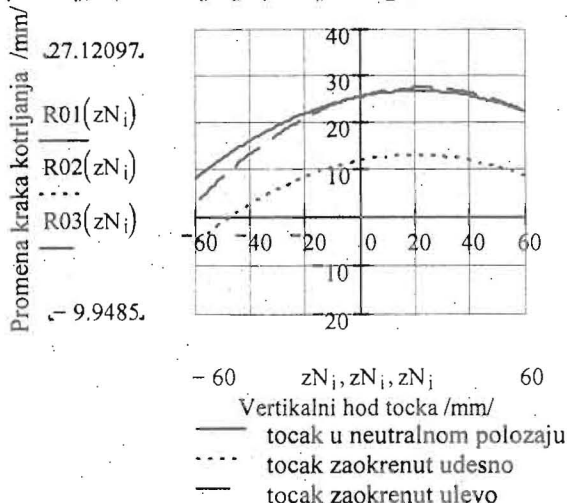


x_C, y_C, z_C

Slika 2

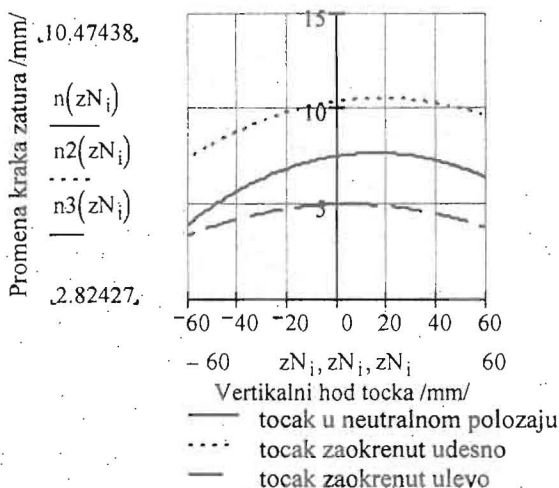
Osnovni geometrijski podaci sistema elastičnog oslanjanja su krak kotrljanja pri zaokretanju i krak zatura. Ovi kraci, kod prednjeg sistema elastičnog oslanjanja, treba da imaju male vrednosti, jer se preko njih prenose kočni ili pogonski momenti, odnosno pobudne sile od neravnina puta u sistem za upravljanje. Ne mogu se slobodno odabrati zbog sprege sa drugim geometrijskim veličinama, kao što su, recimo, ugao zatura i ugao nagiba ose zaokretanja. Ovi kraci nisu konstantni, već se menjaju u relaciji sa vertikalnim oscilovanjem vozila i utiču na kinematiku celog sistema elastičnog oslanjanja.

Sa slike 3 vidljivo je da su promene kraka kotrljanja pri hodu sabijanja minimalne, dok se veća odstupanja javljaju pri hodu razvlačenja. U slučaju kada je levi točak zaokrenut u krajnji desni položaj, krak kotrljanja postaje i negativan.



Slika 3

Što se tiče promene kraka zatura (konstruktivnog zatura), sa slike 4 vidljive su male promene tokom celog opsega vertikalnog kretanja točka, pri čemu su minimalne vrednosti postignute kada je levi točak potpuno zaokrenut ulevo (unutrašnji točak pri zaokretanju).

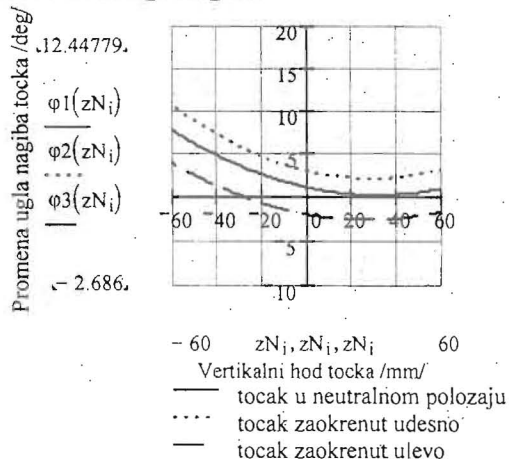


Slika 4

Najznačajnije kinematske veličine kretanja točka su promena ugla nagiba točka, promena konvergencije točka i veličina bočnog pomeranja točka.

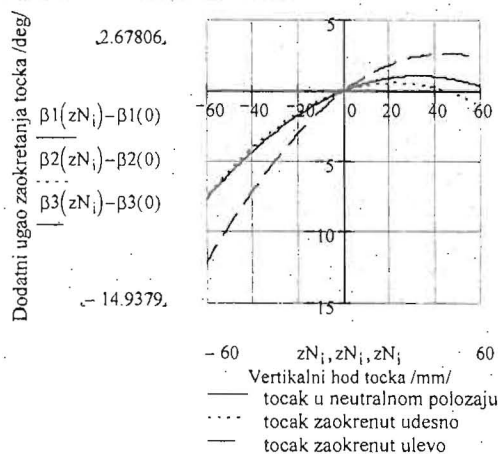
Mali ugao nagiba točka je poželjan, čak i pri kretanju po ravnim putevima, jer on pomera tačku kontakta pneumatika i tla bliže osi zaokretanja točka. To omogućava lakše upravljanje točkovima i smanjuje veličinu udarnih opterećenja koja se prenosi ka elementima sistema za oslanjanje i prenosnog mehanizma sistema za upravljanje, kada točak naiđe na prepreku. Promena ugla nagiba pri vertikalnom kretanju točka za tri karakteristična položaja zupčaste letve prikazana je na slici 5. Vidi se da su vrednosti

ugla nagiba povoljne u slučaju točka u neutralnom položaju i točka zaokrenutog udesno, dok se pri zaokretanju točka ulevo (unutrašnji točak pri zaokretanju), javljaju i nepovoljne, negativne vrednosti ugla nagiba.



Slika 5

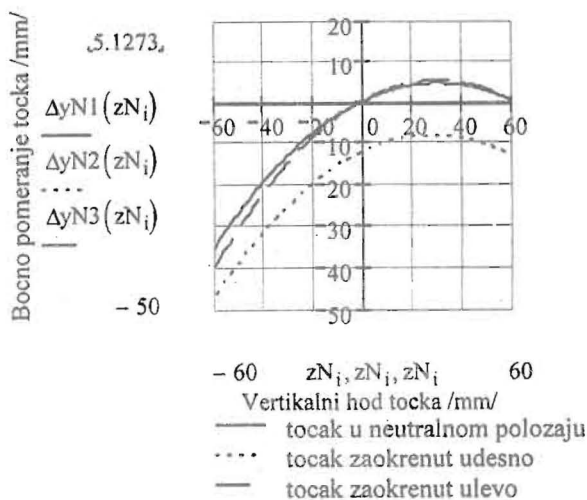
Kod upravljačkih točkova, dobar sistem elastičnog oslanjanja treba da obezbedi da vertikalno pomeranje točkova ne utiče na zadati pravac kretanja. Slika 6 prikazuje promenu ugla konvergencije točka, odnosno dodatnog ugla zaokretanja točka pri vertikalnom kretanju, nezavisnog od komande vozača. Kod prednje osovine, promena ovog ugla treba da se kreće ka divergenciji, jer to dovodi do harmoničnog ponašanja vozila, bez poremećaja pri zaokretanju vozila u krivini, odnosno tokom krivolinijskog kretanja sa velikim bočnim ubrzanjima. Dobrim podešavanjem ugla konvergencije i ugla nagiba točka, habanje pneumatika svodi se na minimum. Sa slike 6 je vidljiv povoljan tok promene dodatnog ugla zaokretanja upravljačkog točka u području sabijanja, dok se veće vrednosti javljaju pri hodu razvlačenja.



Slika 6

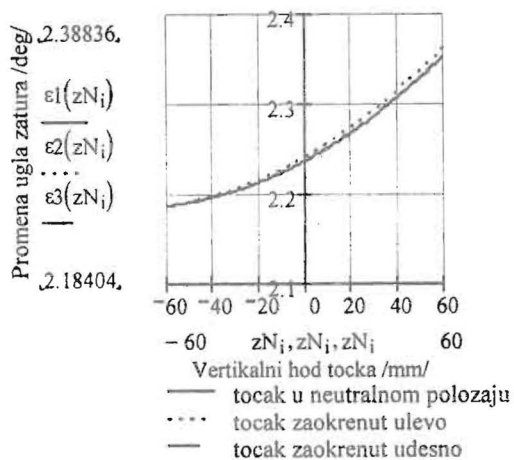
Promenu traga točkova, odnosno bočno pomeranje točka treba, u načelu, održati u malom opsegu, jer se javljaju ugao skretanja (povođenja) pneumatika i bočna sila. To dovodi do odstupanja vozila od pravolinijskog kretanja pri vertikalnom kretanju točkova i povećanog klizanja i habanja pneumatika. Slika 7 prikazuje tokove promene bočnog pomeranja pneumatika pri vertikalnom kretanju točkova za tri

karakteristična položaja zupčaste letve. U hodu sabijanja, bočno pomeranje ima vrednosti manje od 5 mm, dok pri hodu razvlačenja, javlja se nepovoljna situacija – velika bočna pomeranja točka.



Slika 7

Postojanje ugla zatura ose zaokretanja unazad u odnosu na pravac kretanja vozila, izaziva pojavu vraćanja točkova u položaj za pravolinijsku vožnju kada vozač otpusti točak upravljača. Ugao zatura, praktično, određuje meru prirodne stabilizacije upravljačkih točkova i odgovoran je za većinu nepravilnosti u radu sistema za upravljanje. Preporučuje se da ugao zatura ima vrednost 2-4°. Sa slike 8 vidljive su minimalne promene ugla zatura u celom opsegu hoda točka.



Slika 8

ZAKLJUČAK

Razvijeni program za analizu kinematske sprege između sistema za upravljanje i sistema elastičnog oslanjanja dopušta varijaciju raznih geometrijskih parametara u cilju utvrđivanja optimalnog rešenja. Uočeno je da se zavisnosti pojedinih parametara od vertikalnog hoda točka i konkretne vrednosti hoda zupčaste letve mogu izuzetno precizno aproksimirati krivama u obliku polinoma drugog reda, čiji je opšti oblik:

$$y = ax^2 + bx + c \quad (3)$$

gde je y - posmatrani parametar, a $x = \Delta z_N$ - vertikalni hod točka.

Primera radi, u Tabeli 1 prikazani su koeficijenti polinoma za nekoliko najvažnijih parametara u slučaju vertikalnog kretanja levog upravljačkog točka postavljenog u položaj za pravolinijsku vožnju. Nezavisno promenljiva veličina (vertikalni hod točka) izražena je u /mm/.

Tabela 1

Parametar (y)	c	b	a
Krak kotrljanja /mm/	25.26839	0.11622	-2.8549E-3
Krak zatura /mm/	7.39509	0.01922	-6.3510E-4
Ugao nagiba $^{\circ}$ /	0.96646	-0.05526	8.97552E-4
Ugao konvergencije $^{\circ}$ /	0.03129	0.06523	-1.0031E-3
Bočno pomeranje /mm/	0.16816	0.28919	-4.8410E-3
Ugao zatura $^{\circ}$ /	2.23683	1.38502E-3	9.01292E-6

Poznavanje konkretnog analitičkog oblika zavisnosti korisno je pri prelasku na izradu dinamičkih modela posmatrana dva sistema vozila.

LITERATURA

/1/ Bukovics J., Lugner P.: "Eine Möglichkeit der Beschreibung von Einzelradaufhängungen im Hinblick auf fahrdynamische Untersuchungen", Automobil-Industrie, N^o2/80, p. p. 49-54, Vogel-Verlag, 1980.

/2/ Simić D., Savić R., Knapczyk J.: "Matematičko-mehanički model za analizu geometrije i sila mehanizma za vešanje i upravljanje automobila Z101 u statičkim uslovima", MVM-Saopštenja, XIV-78/79, p.p. 11-31, Kragujevac, 1988.

/3/ Knapczyk J., Kuranowski A., Murzyn K.: "The synthesis conditions for the mechanism of car wheel guide (the McPherson strut suspension with rack and pinion steering system)", MVM-Saopštenja, XV-88/89, p.p. 65-79, Kragujevac, 1989.

/4/ Janković A., Đokić D., Joković S.: "Jedan opšti pristup nalaženja prenosne funkcije za sistem nezavisnog oslanjanja vozila", XV naučno-stručni skup "Nauka i motorna vozila '95", Zbornik radova, p.p. 125-128, Beograd, 1995.

/5/ Janković A., Joković S., Đokić D.: "Pomeranja i opterećenja elemenata oslanjanja vozila", XXI Jugoslovenski kongres teorijske i primenjene mehanike, "JUMEH Niš'95", Zbornik radova, p.p. 174-178, Niš, 1995.

/6/ Janković D., Popović V.: "Kinematička karakteristika sistema oslanjanja putničkog vozila", XVI međunarodni naučno stručni skup "Nauka i motorna vozila '97", Zbornik radova, p.p. 57-59, Beograd, 1997.

/7/ Janković A., Lalović D., Đukić M.: "Oslanjanje putničkih vozila - kvazistatički proračun nezavisnog oslanjanja", DD "Zastava automobili" - Institut za automobile, Kragujevac, 1998.

/8/ Konstruktivna dokumentacija i tehnički podaci za vozilo Yugo Florida