

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 ; Кragујевац)**

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

Glišović J., Radonjić R., Miloradović D.

ANALIZA RADNIH KARAKTERISTIKA DOBOŠ KOČNICA NUMERIČKIM METODAMA

Mašinski fakultet u Kragujevcu

IZVOD Savremene numeričke metode proračuna su danas u tehnološki razvijenim zemljama svakodnevna praksa i jedini način analize bez koga više nije zamisliv razvoj velikog broja proizvoda. Postoji više numeričkih metoda koje su našle široku primenu i u analizama kočnica, kako njihovih performansi, tako i napona i deformacija izazvanih mehaničkim i toplotnim opterećenjima. U radu je prikazana analiza performansi doboš kočnice putničkog automobila primenom metode konačnih elemenata. Za opisivanje kočne papuče i frikционе obloge korišćen je model sa 3D izoparametarskim konačnim elementima. Posmatrani problem se ubraja u grupu kontaktnih problema pri čemu postoje mala pomeranja doboša. Primenjeni materijalni modeli spadaju u grupu linearno elastičnih. Kao rezultat proračuna dobijeni su polje pomeranja, sile u kontaktnim tačkama, polje efektivnog napona za celu kočnicu, kao i raspodela pritiska po celoj površini obloge kočnice. Na osnovu prethodno određene raspodele normalnog pritiska, za konstantnu vrednost koeficijenta trenja i sile aktiviranja može se odrediti i kočni moment kao osnovni pokazatelj performansi doboš kočnice.

KLJUČNE REČI: numeričke metode, doboš kočnice, performanse

ABSTRACT Modern numerical calculation methods are every day practice in technological developed countries and they are the only types of analysis, without which, the development of a great number of products could not be imagined. There are several numerical methods that have found wide application in analysis of brakes-their performances, as well as stresses and deformations induced by mechanical and thermal loads. An analysis of performances of drum brakes for passenger cars with utilization of the finite element method is presented in the paper. A three-dimensional isoparametric finite element model is used to describe brake shoe and frictional linings. The problem observed belongs to the group of contact problems with small drum displacements. Applied material models belong to the group of linearly elastic models. Fields of displacements, contact forces, effective stresses for the whole brake, as well as the pressure distribution on the brake lining surface are achieved as the results of calculation. Based on previously determined normal pressure distribution, a brake torque can be determined as a basic indication of drum brakes performance, for the constant values of the friction coefficient and activation force.

KEY WORDS: numerical methods, drum brakes, performances

1. UVOD

Savremeni uslovi saobraćaja zahtevaju da se uz pomoć efikasnih materijalnih ulaganja ostvare najveće moguće kočne sile, pri čemu je postignuta odgovarajuća bezbednost bez ikakvih kompromisa. To, još u fazi razvoja, traži dovoljno tačan proračun pojedinih sastavnih delova kočnice, tako da se skupo i delimično ne sasvim bezopasno ispitivanje svede na minimum.

Metode proračuna i ispitivanja doboš kočnih mehanizama, koje su zastupljene u velikom broju objavljenih radova, prošle su kroz više faza u svom razvoju. Klasične analitičke metode proračuna bazirane su na velikom broju pojednostavljenja koja značajno umanjuju tačnost rezultata. Najgrublje su pretpostavke koje zanemaruju elastičnost doboša i frikционе obloge i idealizuju raspodelu pritiska po frikcionoj površini. Metode proračuna su doživlele intenzivan napredak zahvaljujući najviše razvoju kompjuterske tehnike.

Sve ovo je u prvi plan izbacilo numeričke metode, kao osnovne metode proračuna bez kojih danas u tehnološki razvijenim zemljama nije moguće zamisliti razvoj velikog broja proizvoda. Ove metode omogućavaju brzu analizu velikog broja različitih kombinacija, kao i izbor najpovoljnijeg rešenja (optimizacija). Pomenute metode nude velike mogućnosti za sve vrste strukturnih analiza kočnica, uz obuhvatanje više uticajnih činilaca. Može se analizirati uticaj elastičnosti, tj. elastičnih deformacija doboša i frikcionih obloga, različita geometrijska odstupanja unutar konstrukcije, nehomogenost materijala i promena karakteristika materijala pri zagrevanju, itd. Numeričke metode (1/1, 2/2, 3/3) su aproksimativne i zahtevaju pouzdane podatke na osnovu kojih se izražavaju granični uslovi. Odavde njihova neposredna veza sa ispitivanjima kočnih mehanizama koja daju informacije visoke tačnosti i kvaliteta zahvaljujući napretku merne i tehnike obrade i analize rezultata merenja. Na ovaj način se vremenski period potreban za razvoj novih elemenata kočnica značajno smanjuje.

Postoji više numeričkih metoda koje su našle široku primenu i u analizama kočnica, kako njihovih performansi, tako i napona i deformacija izazvanih mehaničkim i toplotnim opterećenjima. Najviše se koriste metode konačnih elemenata, koje se ubrajaju u tzv. matrične metode, i metode konačnih razlika, koje se zasnivaju na numeričkom rešavanju diferencijalnih jednačina.

2. MODELIRANJE KOČNICE

U cilju dobijanja raspodele pritiska po celoj površini obloge papuče doboš kočnice, kao polaza pri analizi performansi kočnice, korišćen je PAK-sofтвер* za proračun konstrukcije na bazi metode konačnih elemenata. PAK predstavlja program za linearnu i nelinearnu analizu konstrukcija, provođenje toplote, prenos toplote i mase (mehanika fluida) i na nivou je svetskih paketa iz oblasti proračuna konstrukcija.

Za konkretan problem korišćen je PAK-S - program za linearnu i geometrijski i materijalno nelinearnu analizu, kao i program PAK-G za grafičko pre- i post-procesiranje. Proračun je izveden za konkretnu simpleks doboš kočnicu sa plivajućim osloncima koja se ugrađuje na zadnje točkove putničkog vozila YUGO KORAL. Sa stanovišta kočenja kočne papuče se suštinski razlikuju. Udeo nailazne papuče u ostvarivanju kočnog momenta je znatno veći nego silazne (obično oko 2:1), ali su zato i opterećenja ove papuče veća, što dovodi do bržeg habanja njene obloge. Na osnovu gore pomenutih razmatranja za predmet proračuna izabrana je nailazna papuča.

Grafičko pre- i post - procesiranje za program PAK-S, ostvareno je programom PAK-G. Izvršeno je generisanje mreže grafički sa automatskim formiranjem numeričke ulazne datoteke. Na taj način je dobijen numerički i grafički izlaz iz programa. Na slikama 1 i 2 je prikazan model pomoću koga je opisana konstrukcija gore pomenute kočnice.

Posmatrani problem se ubraja u grupu kontaktnih problema pri čemu postoje mala pomeranja doboša. Usvajeno pomeranje doboša kočnice iznosi 2 [mm/s]. Pomeranje je zadato preko X i Y projekcija za sve kontaktne čvorove.

Za opisivanje papuče i obloge kočnice korišćeni su 3D izoparametarski konačni elementi. Kontaktna površina je cilindričnog oblika i obloga kočnice u datom trenutku celom površinom naleže na nju. Da bi se obezbedila krutost cele konstrukcije modela uvedena su tri štapa malog poprečnog preseka i malog modula elastičnosti.

Primenjeni materijalni modeli spadaju u grupu linearno elastičnih. Karakteristike materijala elemenata frikcionog para su:

- frikcioni materijal obloge kočnice: neazbestni semi-metalik za doboš i disk kočnice
- Gustina: $\rho = 2 \cdot 10^3 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

* Program razvijen na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu

Modul elastičnosti: $E = 1.25 \cdot 10^9 \text{ [N/m}^2\text{]}$

Poasonov koeficijent: $\nu = 0.2 \text{ [-]}$.

- čelik korišćen za izradu papuča kočnice:

Gustina: $\rho = 7.85 \cdot 10^3 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

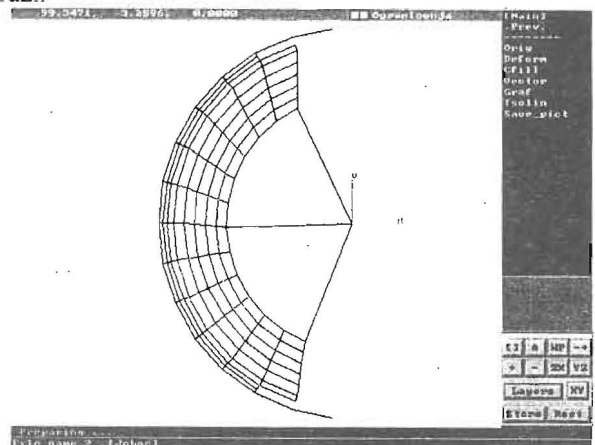
Modul elastičnosti: $E = 2.1 \cdot 10^{11} \text{ [N/m}^2\text{]}$

Poasonov koeficijent: $\nu = 0.3 \text{ [-]}$.

Opterećenja su zadata u vidu koncentrisanih sila koje deluju u čvorovima tako da simetrično opterećuju model u odnosu na XY ravan (ceo model je simetričan u odnosu na XY ravan). Sile koje deluju na papuču doboš kočnice su:

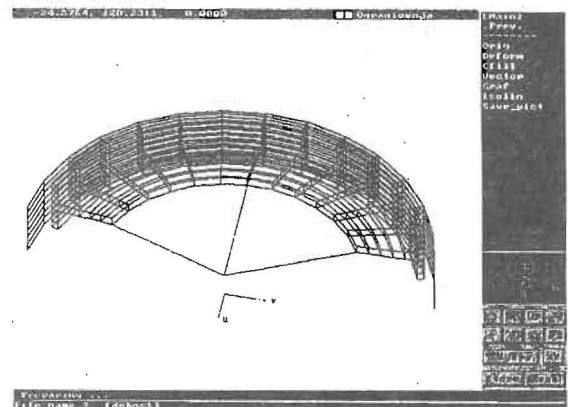
- sila aktiviranja nailazne papuče: $F_s = 2000 \text{ [N]}$
- sila u opruzi: $F_c = 600 \text{ [N]}$

Sila aktiviranja nailazne papuče se menja u toku procesa kočenja u opsegu od 600 [N] do 3000 [N]. Minimalna vrednost sile aktiviranja je izabrana tako da se savlada sila u opruzi.



Slika 1: Model koji opisuje konstrukciju simpleks kočnice

Na ovom nivou razmatranja problema nisu uzete u obzir elastične deformacije doboša koje utiču na raspodelu pritiska na oblozi kočnice.



Slika 2: Trodimenzionalna mreža konačnih elemenata generisana programom CAD (PAK-G)

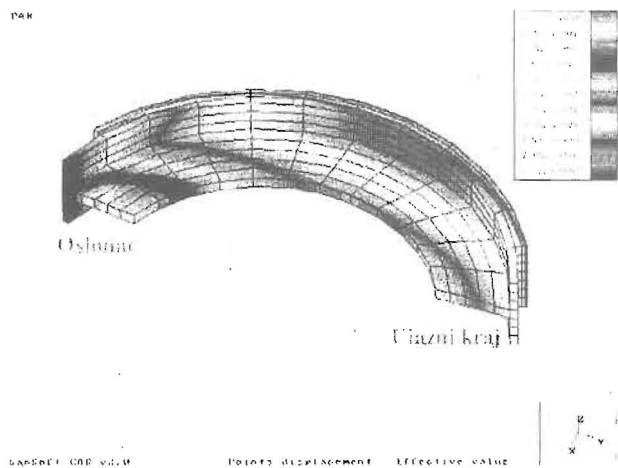
3. REZULTATI PRORAČUNA

Program PAK-G omogućava grafičko predstavljanje rezultata pomoću polja veličina, izolija, grafika. Kao rezultat proračuna biće prikazani i komentarisani dobijeno

polje pomeranja, sile u kontaktnim tačkama, polje efektivnog napona za celu kočnicu, kao i raspodela pritiska po celoj površini obloge kočnice.

3.1. Polje pomeranja

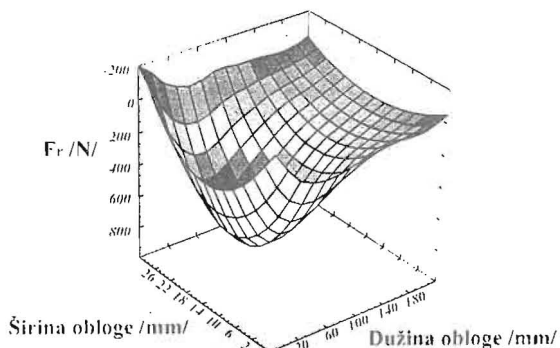
Na slici 3 prikazano je dobijeno *polje pomeranja* (pomeranja su data u *mm*). Kako je proučavani model kočnice trodimenzionalan, u cilju sagledavanja celokupne slike, polje pomeranja se može posmatrati iz više uglova (ovde je izabrana tačka [1,1,1]). Najveće vrednosti pomeranja dobijene su, kao što se i očekivalo, u zoni dejstva sile aktiviranja, F_s , a najmanje u okolini oslonca.



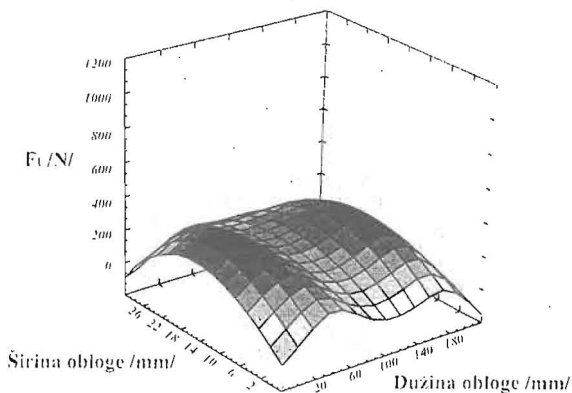
Slika 3: Polje pomeranja - pogled iz tačke [1, 1, 1]

3.2. Sile na kontaktnim čvorovima

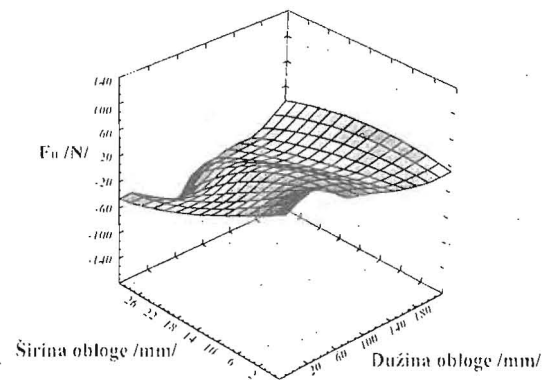
Programski paket *PAK*, kao jedan od rezultata proračuna daje sile u kontaktnim čvorovima. Sile su date preko odgovarajućih projekcija u globalnom koordinatnom sistemu x, y, z . Cilindričan oblik posmatranog modela nametnuo je potrebu da se dobijene sile prikažu projekcijama u koordinatnom sistemu r, t, n (r -radijalni pravac, t -pravac tangente, n - normala koja se poklapa sa z - osom). Na slikama 4, 5 i 6 date su projekcije F_r, F_t, F_n sile u kontaktnim čvorovima pri čemu je kontaktna površina (realno cilindrična), prikazana kao ravna površina dimenzija $b \times (R\pi\alpha)/180^\circ$, gde je b - širina obloge, R - poluprečnik obloge, a $\alpha=120 [^\circ]$ - ugao koji zahvata obloga.



Slika 4: Raspodela sile u kontaktnim čvorovima u radijalnom pravcu



Slika 5: Raspodela sile u kontaktnim čvorovima u tangencijalnom pravcu



Slika 6: Raspodela sile u kontaktnim čvorovima u pravcu normale

3.3. Polje napona

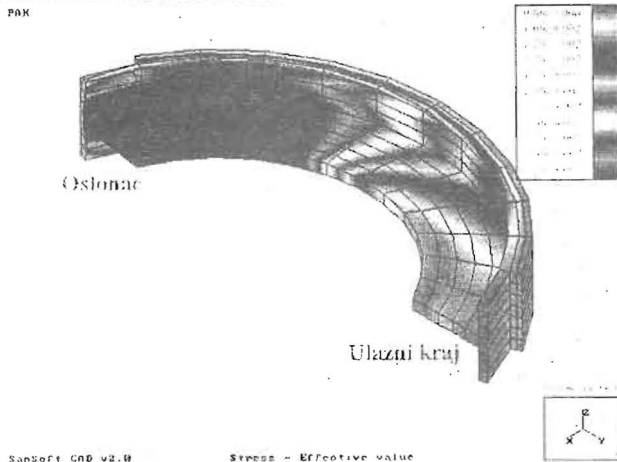
Kao rezultat rada programskog paketa *PAK-S* dobijene su i vrednosti napona u osam Gausovih tačaka integracije za svaki izoparametarski trodimenzionalni element. Naponi su dati preko projekcija $\sigma_{tt}, \sigma_{rr}, \sigma_{ss}$ u lokalnim koordinatnim sistemima vezanim za svaki *3D*-element. Na slici 7 dato je polje efektivnih vrednosti napona za celu papuču kočnice. Treba napomenuti da je radi preglednijeg prikaza dobijenih napona izvršeno ograničenje maksimalnih vrednosti efektivnih napona u zoni dejstva sile aktiviranja, F_s .

3.4. Raspodela površinskog pritiska

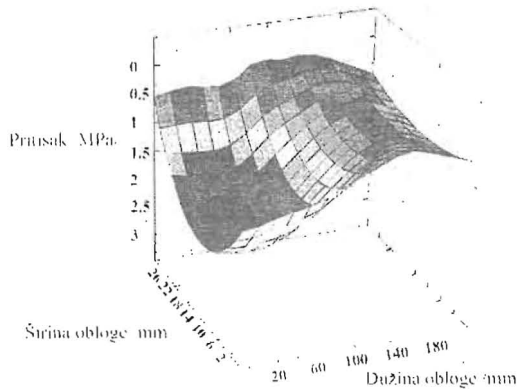
Na slici 8 prikazana je tražena raspodela površinskog pritiska na površini obloge doboš kočnice. Površinski pritisak je dobijen kao rezultat delovanja radijalne sile, F_r , na površini obloge i dat je u [MPa].

Pri proračunu korišćenjem programskog paketa *PAK* nije uvedena bilo kakva pretpostavka o obliku raspodele površinskog pritiska na oblozi papuče doboš kočnice. Sa slike 8 očigledno je da se najveći pritisak javlja na oba kraja obloge kočnice, a njegova maksimalna vrednost je bliže ulaznom kraju papuče doboš kočnice. Ako se analizira raspodela po širini obloge kočnice može se zaključiti da su veće vrednosti pritiska bliže sredini obloge, tj. veće je

opterećenje ovog pojasa, pa odatle proizilazi da se on više haba u toku eksploatacije. Ovaj rezultat ukazuje na neophodnost korišćenja trodimenzionalnog modela pri analizi performansi doboš kočnica.



Slika 7: Polje efektivnih vrednosti napona



Slika 8: Raspodela površinskog pritiska po površini obloge papučice doboš kočnice

Postojanje rotacije doboša malom ugaonom brzinom uvodi problem u dinamičku oblast, dok se kod većine prikazanih modela koristio statički pristup rešavanju postavljenih problema. Osnovno pojednostavljenje se odnosi na činjenicu da je zanemarena elastičnost doboša i njen uticaj na performanse doboš kočnice, što će biti prevaziđeno u daljima istraživanjima.

Do sada je maksimalni pritisak teorijski objašnjen u blizini sredine obloge kočnice. U praksi su česti slučajevi kada se maksimalno istrošenje obloge javlja pri gornjem ili donjem kraju obloge, što potvrđuje numerički dobijene rezultate.

Na osnovu prethodno određene raspodele normalnog pritiska za konstantnu vrednost koeficijenta trenja i sile aktiviranja, numeričkim integraljenjem može se odrediti ukupna normalna sila, a zatim i sila trenja i kočni moment kao osnovni pokazatelj performansi doboš kočnice. Na primer, za analiziranu nailaznu kočnu papuču i raspodelu pritiska sa slike 8 dobijena je vrednost radne karakteristike $C=1.78$ za silu aktiviranja $F_s=2000 [N]$ i koeficijent trenja $\mu=0.38$, što odgovara konstruktivno definisanim vrednostima.

4. ZAKLJUČAK

Primena metode konačnih elemenata, kao najviše korišćene matrične metode, zahtevala je da se na što bolji način definiše model koji posmatranu konstrukciju prikazuje kao odgovarajući broj konačnih elemenata. U radu su za opisivanje rebra papučice i obloge korišćeni 3D izoparametarski konačni elementi. Kao rezultat proračuna dobijeni su polje pomeranja i efektivnih napona papučice kočnice, kao i raspodela pritiska na oblozi kočnice koja je polazni podatak za određivanje kočnog momenta (koji predstavlja osnovnu karakteristiku svake kočnice, merilo njenih funkcionalnih svojstava ili *efektivnosti*) i C-karakteristike, kao izlaznih parametara doboš kočnih mehanizama. Dobijeni rezultati pokazali su dobro slaganje sa vrednostima eksperimentalnih istraživanja u laboratoriji i na poligonu, što dokazuje važnost numeričkih metoda proračuna u svim fazama razvoja novog ili poboljšanja postojećeg proizvoda. Na ovaj način se vremenski period potreban za razvoj novih elemenata kočnica značajno smanjuje.

5. LITERATURA

- /1/ Day A. J., Harding P. R., Necomb T. P.: Combined thermal and mechanical analysis of drum brakes, Proc. IMechE, Vol 198D, N°15,
- /2/ Necomb T. P., Day A. J.: Finite element analysis of drum brake performance, Int. Seminar "Autom. Brake Components", IMechE, Birmingham, 1985.,
- /3/ Korm A.: Komplexe festigkeitberechnung einer trommelbremse mit der finite-element-metode, KFT, N°2, 1979.,
- /4/ Ramachandra Rao V.T.V.S., Venkatesan V. S., Seetharamu K. N.: Torque determination in drum brake, ATZ, Vol 92, N°4, 1990.,
- /5/ Arsenić Ž., Todorović J.: An analysis of pressure interfacial distribution in a drum brake, Mobility & Vehicles Mechanics, Vol 23, N°2, 1997.,
- /6/ Glišović, J.: Identifikacija prenosnih karakteristika doboš kočnica, Magistarski rad, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2001.