

ZBORNIK RADOVA
SA NAUČNO-STRUČNOG SKUPA
IRMES '04

ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ
MAŠINSKIH ELEMENATA I SISTEMA



JVAEKO



PROCEEDINGS
OF THE CONFERENCE

IRMES '04

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF
MACHINE ELEMENTS AND SYSTEMS

Kragujevac (SCG), 16 i 17. septembar 2004. godine

JVAEKO

JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA
MAŠINSKE ELEMENTE I
KONSTRUKCIJE



MAŠINSKI FAKULTET
KRAGUJEVAC

ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS

SA NAUČNO - STRUČNOG SKUPA
ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ
MAŠINSKIH ELEMENATA
I SISTEMA

*OF THE CONFERENCE ON
RESEARCH AND
DEVELOPMENT OF
MACHINE ELEMENTS
AND SYSTEMS*

IRMES '04



KATEDRA ZA MAŠINSKE
KONSTRUKCIJE I MECHANIZACIJU

*Kragujevac, (SCG), 16. i 17. septembar 2004.
Hotel "ŠUMARICE"*

ZBORNİK RADOVA SA NAUČNO-STRUČNOG SKUPA:
ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ MAŠINSKIH ELEMENATA I
SISTEMA

PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE ON RESEARCH AND
DEVELOPMENT OF MACHINE ELEMENTS AND SYSTEMS

IRMES '04

Prvo izdanje

Urednik: Slobodan Tanasijević

Izdavači:

Mašinski fakultet Kragujevac

Jugoslovensko društvo za mašinske elemente i konstrukcije – JuDEKO

CIP – Katalogizacija u publikaciji
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

621.01(082)

NAUČNO-stručni skup Istraživanje i razvoj
mašinskih elemenata i sistema IRMES (2004;
Kragujevac

Zbornik radova sa naučno-stručnog skupa
Istraživanje i razvoj mašinskih elemenata i
sistema IRMES '04, Kragujevac, 16. i 17.
septembar 2004. / [urednik Slobodan
Tanasijević]. – Beograd : Mašinski
fakultet, Katedra za Mašinske konstrukcije i
mehanizaciju : Jugoslovensko društvo za
mašinske elemente i konstrukcije – JuDEKO,
2004 (Kragujevac : Skver). – 754 str. :
ilustr. ; 24 cm
Tiraž 150. – Radovi na srp. i engl.
jeziku. – Bibliografija uz svaki rad. –
Summaries.

ISBN 86-80581-66-6

a) Mašinstvo - Zbornici

COBISS.SR-ID 116409868

**ZBORNİK RADOVA SA NAUČNO-STRUČNOG SKUPA:
ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ MAŠINSKIH ELEMENATA I
SISTEMA IRMES '04**

ISBN 86-80581-66-6

Urednik: Dr Slobodan Tanasijević, red. prof. Mašinskog
fakulteta u Kragujevcu

Izdavači: Mašinski fakultet
Katedra za Mašinske konstrukcije i mehanizaciju
SCG – 34 000 Kragujevac
Sestre Janjić 6

Jugoslovensko društvo za mašinske elemente i
konstrukcije - JuDEKO
SCG – 11 000 Beograd
27. marta 80

Za izdavače: Prof. Dr Radovan Slavković, dipl.ing.
Prof. Dr Vojislav Miltenović, dipl.ing.

Tehnička priprema: Dr Svetislav Lj. Marković, dipl.ing.
Mr Mirko Blagojević, dipl.ing.
Blaža Stojanović, dipl.ing.

Tiraž: 150 primeraka

Štampa: Grafički atelje "SKVER", Kragujevac

Izdavanje Zbornika radova pomoglo je:
Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije

PROGRAMSKI ODBOR – PROGRAM COMMITTEE

Prof. dr Vojislav Miltenović-predsednik, Mašinski fakultet Niš, SCG
Prof. dr Svetislav Jovičić, Mašinski fakultet Kragujevac, SCG
Prof. dr Milosav Ognjanović, Mašinski fakultet Beograd, SCG
Prof. dr Momir Šarenac, Mašinski fakultet Srpsko Sarajevo, RS, BiH
Prof. dr Bernd-Robert Höhn, TU München, Deutschland
Prof. dr Kirill Arnaudow, Science Akademie Bulgaria, Bulgaria
Prof. dr Siniša Kuzmanović, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, SCG
Prof. dr Radoš Bulatović, Mašinski fakultet Podgorica, SCG
Prof. dr Jože Flašker, Fakultet za strojništvo Maribor, Slovenia
Prof. dr Vladimir Andonović, Univerzitet Kiril i Metodij, Former Yugoslav
Republic of Macedonia
Doc. dr Milosav Đurđević, Mašinski fakultet Banja Luka, RS, BiH
Doc. dr Milenko Obad, Fakultet Strojarnstva Mostar, FBiH, BiH

ORGANIZACIONI ODBOR – ORGANIZING COMMITTEE

Prof. dr Slobodan Tanasijević – predsednik
Prof. dr Svetislav Jovičić
Prof. dr Danica Josifović
Prof. dr Vera Nikolić-Stanojević
Prof. dr Nenad Marjanović
Doc. dr Dobrivoje Čatić
Dr Svetislav Marković
Mr Zorica Đorđević
Mr Nenad Miloradović
Ivan Miletić, dipl.maš.ing
Rodoljub Vujanac, dipl.maš.ing

Tehnički sekretari:

Mr Mirko Blagojević,
Blaža Stojanović, dipl.maš.ing.

SADRŽAJ

PREDGOVOR	11
PLENARNA SEDNICA PLENARY SESSION	13
Tanasijević S.: NASTAJANJE I RAZVOJ MAŠINSKE TEHNIKE U OBNOVLJENOJ SRBIJI	13
Miltenović V., Nikolić-Stanojević V.: STANJE ISTRAŽIVANJA I RAZVOJA PRENOSNIKA SNAGE U SRBIJI	15
Ogjanović M.: FENOMENI SPREZANJA ZUBACA ZUPČANIKA	25
Kuzmanović S., Salai S., Salai L.: ZAHTJEVI KOJI SE POSTAVLJAJU PRED PROIZVODE U MEDUNARODNOM MARKETNGU	39
SEKCIJA A: RAZVOJ MAŠINSKIH SISTEMA I KOMPONENATA SESSION A: DEVELOPMENT OF MACHINE SYSTEMS AND COMPONENTS	45
Miltenović V., Bulatović R.: KREATIVNOST U RAZVOJU PROIZVODA	53
Jovičić S.: QFD ALATI INTEGRALNOG RAZVOJA PROIZVODA U KONSTRUISANJU MAŠINSKIH SISTEMA	53
Leparov M., Dinev G.: IN RELATION TO MULTIPLICATION OF THE FUNCTION OF AN ASSEMBLED UNIT	55
Todorov T., Yatchev I., Hinov K., Nikolov R.: ON THE DYNAMICS OF A POLARIZED ELECTRO-MECHANICAL SYSTEM WITH MOVING PERMANENT MAGNET	63
Kokić M.: DIZAJN AUTOMOBILA I KONKURENTNOST	69
Dubonjić R., Ristivojević M., Mitrović R., Jeftenić B., Lazović T., Stamenić Z.: TEHNOEKONOMSKA ANALIZA VARIJANTNOG REŠENJA POGONSKE GRUPE DOZATORA I DODAVAČA UGLJA MLINOVA KOTLA	75
Batalović V.: OSLANJANJE ROTORA CENTRIFUGALNOG MLINA	81
Vesić N., Nedić B.: PROJEKTOVANJE OPTIČKIH INSTRUMENATA	87
Mihajlović G., Živković M., Trifunović D., Golubović D.: OPTIMIZACIJA SENZITIVNIH PARAMETARA HIDROSTATIČKOG DAVAČA SILE ZA INDUSTRIJSKE APLIKACIJE	93
Andonović V., Andonović A.: DEFINISANJE OPŠTE TEHNIČKE FUNKCIJE KAO INICIJALNI PROBLEM PRILIKOM PLANSKOG I SISTEMATSKOG STVARANJA ILI USAVRŠAVANJA PROIZVODA ILI PROCESA	99
Leparov M., Dinev G.: ON THE ISSUE OF TRANSFORMATION OF A REAL PRODUCT	105
	111
	117

Milić D., Živković D.: KONSTRUISANJE KAO VIRTUELNI PROCES	123
Salai L., Salai S., Kuzmanović S., Kovač-Žnidarić R.: ZNAČAJ IMIDŽA PROIZVODA U MAŠINSTVU	129
Galabov V., Nikolov N., Russev R.: SYNTHESIS OF A TRANSMISION FOR GENERATON OF A MONOTONOUS DISPLACEMENT FUNCTION	135
Jovanović M., Janošević D., Milić P.: MODALNA FEM ANALIZA KOSTURA KRETNOG MEHANIZMA HIDRAULIČKOG BAGERA	141
Golubović D., Mikić D., Milićević I.: KINEMATIKA ROBOTA SA KORIŠĆENJEM MATRICA ROTACIONIH TRANSFORMACIJA	147
Marjanović N., Marjanović V.: PROJEKTOVANJE AUTOMATIZOVANIH PROIZVODNIH LINIJA ZA OBRADU LIMA SAVIJANJEM POMOĆU VALJAKA	153
SEKCIJA C: CAD I INTELIGENTNI SISTEMI SESSION C: CAD AND INTELLIGENT SYSTEMS	159
Navalušić S., Zeljković M., Milojević Z., Gatalo R.: PROJEKTOVANJE PODRŽANO RAČUNAROM - JUČE, DANAS, SUTRA	159
Topčić A., Tufekčić Dž., Šelo R.: INFLUENCE OF TRIANGLE APPROXIMATION PARAMETERS ON QUALITY OF PARTS PRODUCED BY SELECTIVE LASER SINTERING PROCESS	161
Rosić B., Marinković A., Vencl A.: MODELIRANJE I STRUKTURALNA OPTIMIZACIJA KONSTRUKCIONIH OBLIKA CILINDRIČNIH ZUPČANIKA	167
Obad M., Miletić K.: RAZVOJ SUSTAVA ZA PODRŠKU KONSTRUIRANJU UREĐAJA ZA TRANSPORT MATERIJALA	173
Marjanović N., Blagojević M.: VIZUELIZACIJA MAŠINSKIH DELOVA I SKLOPOVA U SAVREMENIM CAD SISTEMIMA	179
Topčić A., Šelo R., Tufekčić Dž., Avdić H.: ANALIZA PARAMETARA RADA TRAIČNOG TRANSPORTERA PRIMJENOM SOFTWARESKOG PAKETA	183
Tomović R., Radović V.: PRIMJENA METODE KORAČANJA UNAPRIJED U RAZVOJU LOGIČKOG MODELA KONSTRUKCIJE	189
Slavković R., Milićević I., Jugović Z.: METODOLOGIJA KONSTRUISANJA I IZRADE TEHNOLOŠKE OPREME ZA PRIPREMU PAPIRNE MASE PRIMENOM PROGRAMSKIH PAKETA PRO-E I POWER MILL	201
SEKCIJA E: RADNA OPTEREĆENJA I NAPONSKA STANJA SESSION E: WORKING LOADS AND TENSIONAL CONDITIONS	207
Đokić V., Marinković Z., Miltenović Đ.: IDENTIFIKACIJA SPEKTARA RADNIH NAPONA KOD PRORAČUNA VRATILA	207
Muratović P., Islamović F.: ALGORITAM IZRAČUNAVANJA SILE EKSCENTRIČNO PRITISNUTIH ŠTAPOVA NA REŠETKASTIM NOSAČIMA	209
	215

Šemlić R., Mijailović R., Đurković V.: ANALIZA PARAMETARA UTICAJNIH NA DINAMIČKU STABILNOST RAKETNOG LANSERA	221
Vasić Z., Raičević V., Radojković M.: ANALIZA PRORAČUNA GREDNOG NOSAČA PRIMENOM TEORIJE SAVIJANJA TROSLOJNIH KONSTRUKCIJA	227
Miloradović N., Slavković R., Živković M., Vujanac R.: DINAMIČKO PONAŠANJE NOSEĆE KONSTRUKCIJE MOŠNE DIZALICE PRI RADU MEHANIŽMA ZA DIZANJE TERETA	233
Petrović G., Marinković Z.: DVOPARAMETARSKA DISKRETIZACIJA ŠIROKOPOJASNIH PROMENA RADNIH OPTEREĆENJA I NJIHOVI SPEKTRI	239
Marković S., Mijajlović D., Marinković Z.: DINAMIČKA OPTEREĆENJA PUTNIČKE ŽIČARE MARMOLADA U SLUČAJU HAVARIJE VUČNOG UŽETA	245
Arsić M., Sedmak S., Aleksić V.: TEORIJSKA I EKSPERIMENTALNA ANALIZA POGONA RADNOG TOČKA ROTORNOG BAGERA	251
Marinković Z., Marinković D., Petrović G.: PRORAČUN RADNOG VEKA ELEMENATA ZA SPEKTRE RADNIH NAPONA SA DVOPARAMETARSKOM RASPODELOM	257
Radojković M., Vasić Z.: PRIMENA NUMERIČKIH METODA PRI PRORAČUNU NAPONSKOG I DEFORMACIONOG STANJA PLOČA	263

SEKCIJA F: SIGURNOST, KVALITET I POUZDANOST
SESSION F: SAFETY, QUALITY AND RELIABILITY

Perović Z.: POSTUPAK PROCJENE SIGURNOSTI DJELOVA MAŠINA I KONSTRUKCIJA IZLOŽENIH OPTEREĆENJU SA PROMJENLIVOM AMPLITUDOM	269
Negoitescu A., Hamat C.: SOME ASPECTS CONCERNING UTILIZATION TO MONTE CARLO TECHNIQUE IN HEAT TRANSFER STUDY	271
Milčić D., Stojičić S., Miltenović A.: ODREĐIVANJE PARAMETARA POUZDANOSTI OBRTHNIH POSTOLJA ŠINSKIH VOZILA	277
Čatić D.: PREVENTIVNE I KOREKTIVNE MERE U OKVIRU FMEA METODE	283
Prodanić B.: NEKI ASPEKTI IMPLEMENTACIJE SISTEMA KVALITETA U PROCES ODRŽAVANJA U RATNOJ MORNARICI VOJSKE SCG	289
Potoceanu N., Ruja I.: THE EVALUATION OF THE POLLUTION DEGREE AND THE RISK ELEMENTS INTO SECTION FOR WORM PROCESSES	295
Čatić D.: NUMERIČKO ODREĐIVANJE POUZDANOSTI PRI VEROVATNOSNOM PROJEKTOVANJU	301

SEKCIJA G: MATERIJALI, TERMIČKA OBRADA, RAZARANJA
SESSION G: MATERIALS, HEAT TREATMENT, DESTRUCTIONS

Simeonova K., Milanova G.: A STUDY OF DURABLE STRENGTH OF ADVANCED COMPOSITES	313
Mrdak M., Kakaš D., Pović Đ.: STRUKTURA I SVOJSTVA NIKAL-ALUMINID PREVLAKA DEPONOVANIH PLAZMA SPREINGOM	315
Maksimović S., Janković M.: PROCENA VEKA ELEMENATA KONSTRUKCIJA U PODRUČJU MALOCIKLUSNOG ZAMORA	321
Marjanović V., Đuričić M., Trumbulović-Bujić Lj., Kovačević B.: IZBOR OPTIMALNOG MODELA PREDVIĐANJA TERMODINAMIČKIH SVOJSTAVA VIŠEKOMPONENTNOG RASTVORA ELEKTROLITA	327
Maksimović K., Nikolić-Stanojević V., Maksimović S.: ANALIZA PREOSTALE ČVRSTOĆE NA ZAMOR ELEMENATA KONSTRUKCIJA U PRISUSTVU INICIJALNIH OŠTEĆENJA	333
Marković B.: ZAOSTALI NAPONI U OJAČANOM SLOJU MATERIJALA BOMBARDOVANOG MLAZOM KUGLICA	339
Srećković N., Blagojević M., Miletić I.: ALTERNATIVNI MATERIJALI U INDUSTRIJI ZUPČANIK	345
Alic C., Miklos C., Miklos Z.: EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE METALLIC MATERIAL FROM THE ELEMENTS OF RESISTANCES STRUCTURES IN EXPLOITATION	351
Kirić M., Sedmak A.: PRIMENA FAD DIJAGRAMA NA ZAVARENE KONSTRUKCIJE SA UZIMANJEM U OBZIR ZAOSTALIH NAPONA	357
Simeonova K., Milanova G.: LINEAR ELASTIC FRACTURE MECHANICS (LEFM) THEORY, APPLIED TO STUDY OF ADVANCED COMPOSITES	363
Gligorijević R., Jevtić J., Borak Đ.: SIVI LIV SA KOMPAKTNIM GRAFITOM - MATERIJAL ZA SAVREMENE MOTORNE TEHNOLOGIJE	369
Banjac D., Banjac E.: ZAŠTITA TOPLOTNO OPTEREĆENIH DELOVA TURBOMLAZNIH MOTORA PREVLAKAMA TIPA Ni-Cr-Al-Y	375
Trumbulović-Bujić Lj., Panić S., Marjanović V.: SINTEZA I KARAKTERIZACIJA KORDIJERITNE KERAMIKE ZA PRIMENU U LIVARSTVU	381
Kirić M.: ON J-R CURVE ANALYTIC PRESENTATION FOR USE IN FRACTURE MECHANICS	387
SEKCIJA H: TRIBOLOGIJA MAŠINSKIH SISTEMA SESSION H: TRIBOLOGY OF MACHINE SYSTEMS	393
Ercegović Đ., Raičević D., Oljača M., Ružičić L.: PRILOG ANALIZI PROCESA ISTROŠENJA RADNIH ORGANA POLJOPRIVREDNIH MAŠINA	399

Mrdak M., Kakaš D., Pović Đ.: KARAKTERIZACIJA PLAZMA SPREJ PREVLAKA CR ₁ C ₂ 25NICR I WC17CO OTPORNIH NA HABANJE I KOROZIJU	407
Ristić Z., Ilić S., Kari A.: MODEL TROŠENJA VODEĆEG PRSTENA PROJEKTILA U CEVI ORUĐA	413
Marković S., Josifović D., Jovanović M., Čirić R.: OBNAVLJANJE RADNIH KARAKTERISTIKA ZUPČANIK A REPARATURNIM NAVARIVANJEM POHABANIH ZUBACA	419
Vukotić V.: GEOMETRIJSKO MODELIRANJE ZUBA NA ROTORNOM BAGERU ER-1250	425
Vukadinović Z., Josifović D.: IZBOR MAZIVA ZA PODMAZIVANJE PRENOSNIKA SNAGE PUTNIČKIH AUTOMOBILA U FUNKCIJI RAZLIČITIH PARAMETARA	433
Stojanović B.: TRENJE U ZUPČASTO-KAIŠNIM PRENOSNICIMA	439

Glišović J., Miloradović D.: ANALIZA FRIKCIONIH KARAKTERISTIKA KOČNIH OBLOGA NA OSNOVU PUTNIH ISPITIVANJA VOZILA	445
--	-----

Jovanović D., Tanasijević S.: HABANJE MEHANIZMA SLOBODNOG HODA IMPULSNIH POLUŽNIH VARIJATORA	451
--	-----

SEKCIJA I: VIBRACIJE I BUKA MAŠINSKIH SISTEMA 457
SESSION I: VIBRATIONS AND NOISE OF MACHINE SYSTEMS 457

Bogdanović B., Bogdanović-Jovanović J., Milanović S.: AKUSTIČKE KARAKTERISTIKE CENTRIFUGALNIH VENTILATORA I NJIHOV PRORAČUN PO TEORIJI SLIČNOSTI	459
Pavlov S., Garabito V., Todorov T., Milev I.: QUASI-LINEAR PLANE VIBRATIONS AND STABILITY OF A TWO-MASS SYSTEM MACHINE-FOUNDATION	465
Koković V., Jeremić B.: VIBRACIJE KOTRLJAJNIH LEŽAJA	471
Zuber N., Ličen H.: RAZVOJ SISTEMA ZA BALANSIRANJE KRUTOG ROTORA	477
Batinić V., Popović M.: DINAMIKA PLANETARNIH PRENOSNIKA	483
Jovanović S., Milošević M., Stamenković D.: METOD RACIONALNOG INŽINERSKOG PRISTUPA ZA REŠAVANJE PROBLEMA BUK E I VIBRACIJA U MAŠINSKIM POSTROJENJIMA	489
Dimitrijević D., Nikolić-Stanojević V.: DYNAMIC MODELLS OF THE GEARED SYSTEMS - OVERVIEW OF THE NEWLY DEVELOPED METHODS AND PROCEDURES	495
Čirić-Kostić S., Ognjanović M.: POBUDA SOPSTVENOG OSCILOVANJA ZIDOVA KUĆIŠTA ZUPČANOG PRENOSNIKA	501

SEKCIJA J: ISPITIVANJE MAŠINSKIH SISTEMA 507
SESSION J: RESEARCH OF MACHINE SYSTEMS 507

Dinev G.: INVESTIGATION OF BREAKDOWNS IN TOOTH-WHEELS IN TRACTIVE REDUCERS OF ELECTRIC LOCOMOTIVES	509
Muratović P., Islamović F.: EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE POMJERANJA NA ČELIČNIM REŠETKASTIM NOSAČIMA	515
Posavljak S., Damjanović S., Gluhović V.: KONTROLA LOPATICA AVIONSkih MOTORA NA ZAMOR	521
Živković M., Mihajlović G., Trifunović D., Golubović D.: DINAMIČKA ANALIZA Merno-KONTROLNIH SISTEMA SA UGRAĐENIM HIDROSTATIČKIM DAVAČIMA SILE	527

SEKCIJA K: NADZOR (MONITORING) I ODRŽAVANJE MAŠINSKIH SISTEMA 533
SESSION K: MONITORING AND MAINTENANCE OF MACHINE SYSTEMS 533

Jeremić B., Petrović N., Mačužić I., Todorović P.: KOMPLEKSNA DIJAGNOSTIKA U ODRŽAVANJU TEHNIČKIH SISTEMA VISOKE RASPOLOŽIVOSTI I GOTOVOSTI	535
Šarenac M., Antunović R.: MONITORING ROTACIONIH SISTEMA VELIKIH MASA	541
Ivković S., Ignjatović D., Tanasijević M., Ivković D.: REVITALIZACIJA STARIH RUDARSKIH MAŠINA NA PRIMERU ROTORNIH BAGERA	549
Milenković D., Milovančević M., Miltenović A.: IDENTIFIKACIJA VIBRACIONIH PARAMETARA VRATILA TURBOAGREGATA	555
Babić M.: MONITORING ULJA ZA PODMAZIVANJE	561
Mitrović R., Ristivojević M., Plavšić N., Lazović T., Stamenić Z., Stefanović N.: IDENTIFIKACIJA UZROKA OTKAZA KOTRLJAJNOG LEŽAJA ELEKTROMOTORA ZA POGON MLINA	567
Todorović P., Jeremić B., Mačužić I.: VIBRODIJAGNOSTIKA TURBOKOMPRESORA	573
Mačužić I., Jeremić B., Todorović P.: RAZVOJ SAVREMENIH UREĐAJA ZA PROAKTIVNO ODRŽAVANJE HIDRAULIČKIH SISTEMA	579

SEKCIJA L: PRENOSNICI SNAGE I KRETANJA 585
SESSION L: POWER AND MOTION TRANSMITTERS 585

Arnaudow K., Karaivanov D.: DIE BLINDLEISTUNG IN PLANETENGETRIEBEN	587
Đurđević M., Stanojević M., Tica M.: RASPODJELE NAPONA U PODNOŽJU ZUPCA ZA RAZLIČITE OBLIKE I DEBLJINE VIJENCA ZUPČANIK A	595

<p>Todorov T., Andonov A.: ON THE OPTIMISATION OF A SPUR GEAR TRANSMISSION 601</p> <p>Petrović T., Ivanov I.: KONSTRUKCIONO IZVOĐENJE NOVOG PUŽNO-PLANETNOG PRENOSNIKA 607</p> <p>Nojner V.: ODREĐIVANJE OPTIMALNE NOSIVOSTI KLINGELNBERG PALOIDNOG SPIRALNOG OZUBLJENJA 613</p> <p>Ivanović L., Josifović D.: GEOMETRIJSKI PARAMETRI TROHOIDNIH PROFILA I NJIHOVA PRIMENA KOD UNUTRAŠNJEG OZUBLJENJA 619</p> <p>Živković A., Zeljković M.: ANALIZA TOPLOTNOG PONAŠANJA SKLOPA GLAVNOG VRETENA 625</p> <p>Šušteršič V., Jovičić N., Babić M., Gordić D.: PRIMENA RAČUNARA U PROJEKTOVANJU AUTOMATSKIH TRANSMISIJA 631</p> <p>Dorđević Z., Govedarović J.: UTICAJ UGLA ORJENTACIJE VLAKANA NA DINAMIČKE KARAKTERISTIKE VRATILA OD KOMPOZITNOG MATERIJALA 637</p> <p>Vulić A., Stefanović-Marinović J.: DEFINISANJE MATEMATIČKOG MODELA ZA OPTIMIZACIJU PLANETARNIH PRENOSNIKA 643</p> <p>Opalić M., Rakamarić P., Vučković K.: GEOMETRIJA I ISKORISTIVOST PUŽNIH PRIJENOSNIKA 649</p> <p>Nikolić-Stanojević V., Atanasovska-Cvejić I.: REŠAVANJE RASPODELE OPTEREĆENJA NA PAROVE ZUBACA KOD CILINDRIČNIH EVOLVENTNIH ZUPČANIK SA PRAVIM ZUPCIMA METODOM KONAČNIH ELEMENATA 655</p> <p>Pantić M., Muždeka S.: NEKI PROBLEMI PROJEKTOVANJA SLOŽENIH PLANETARNIH PRENOSNIKA SNAGE 661</p> <p>Miltenović A., Marinković Z., Milovančević M.: DINAMIČKE SILE I MERE POVEĆANJA NOSIVOSTI PUŽNIH PRENOSNIKA 667</p> <p>Blagojević M., Nikolić-Stanojević V.: UTICAJ VELIČINE EKSCENTRICITETA NA OBLIK ZUPCA CIKLOZUPČANIK I RASPODELU OPTEREĆENJA 673</p> <p>Govedarović J., Dorđević Z.: NEKE KARAKTERISTIKE KOMPOZITNIH ZUPČANIK IZRAĐENIH OD POLIETERETERKITONA 679</p> <p>Stanojević M., Novaković P., Obradović D.: PRIKAZ APLIKACIJE ZA PRORAČUN CILINDRIČNIH EVOLVENTNIH ZUPČANIK SA PRAVIM I KOSIM ZUPCIMA 683</p> <p>Jovanović S., Nikolić-Stanojević V.: UPOREDNA ANALIZA DVE KONSTRUKCIJSKE VARIJANTE MEHANIZMA SPOJNICE MOTORNH VOZILA 689</p>	
--	--

<p>SEKCIJA M: MAŠINSKI SPOJEVI SESSION M: MACHINE CONNECTIONS 695</p> <p>Jovanović M., Mijajlović D., Milić P.: SPOJEVI ZATEGA U SVETLU KONTAKTNIH ANALIZA 697</p> <p>Bajić D., Савицкий М.: ZAVARIVANE ENERGETSKE OPREME PRIMJENOM POSTUPKA AKTIVACIJE ELEKTRIČNOG LUKA (ATIG POSTUPAK) 703</p> <p>Janković N.: O ZAVOJNIM OPRUGAMA SA PROGRESIVNOM KARAKTERISTIKOM 709</p> <p>SEKCIJA N: MAŠINSKI SISTEMI ZA TEČNOSTI I GASOVE SESSION N: MACHINE SYSTEMS FOR LIQUID AND GAS 715</p> <p>Radonjić D.: OCENA UTICAJA KINEMATIČKIH VELIČINA KLIPNOG MEHANIZMA NA TOK PROCESA USISAVANJA KOD ČETVOROTAKTNIH MOTORA SUS 717</p> <p>SEKCIJA O: OBRAZOVANJE INŽENJERA KONSTRUKTORA SESSION O: EDUCATION FOR CONSTRUCTOR ENGINEERS 723</p> <p>Mitrović R., Ristivojević M., Plavšić N., Ristivojević M., Lazović T., Stamenić Z.: INOVACIJE U OBRAZOVANJU KONSTRUKTORA 725</p> <p>Vicheva M., Dinev G.: IN RELATION TO THE TRAINING PROCESS IN AUTOMATED DESIGN ENGINEERING DOCUMENTATION 734</p> <p>Đuričić M., Đuričić R., Đuričić M.: INTELEKTUALNI KAPITAL I MENADŽMENT ZNANJA-VAŽNA KOMPONENTA KVALITETA ORGANIZACIJE 737</p> <p>Letić D., Desnica E.: PROJEKTOVANJE I INŽENJERSKA ANALIZA U NASTAVI 2D KONSTRUISANJA 743</p> <p>Đuričić M., Đuričić R., Đuričić M.: MERENJE INTELEKTUALNOG KAPITALA – PREDUSLOV ZA STALNO POBOLJŠANJE KVALITETA ORGANIZACIJE 749</p>	
---	--



ANALIZA FRIKCIONIH KARAKTERISTIKA KOČNIH OBLOGA NA OSNOVU PUTNIH ISPITIVANJA VOZILA

Jasna Glišović, Danijela Miloradović

Razvoj frikcionih materijala kočnih obloga zahteva usklađivanje funkcionalnih i fizičko-hemijskih karakteristika, što je vezano sa brojnim protivrečnostima. Međutim, u opštem slučaju, poželjne karakteristike frikcionih materijala kočnih obloga su: visoke vrednosti statičkih i dinamičkih koeficijenata trenja u svim mogućim uslovima eksploatacije, stabilni i predvidljivi dinamički koeficijenti trenja, minimalno istrošenje obloga, što je vezano sa frikcionim karakteristikama koje ne dozvoljavaju istrošenje metalnog elementa frikcionog para, otpornost na koroziju u prisustvu vode, soli, peska i blata, mala generacija buke, prihvatljiva cena materijala itd. Danas u svetu imamo razvoj novih tipova frikcionih materijala uključujući keramički modifikovane materijale sa niskim sadržajem metala, ugradnju elemenata za ublažavanje buke, razvijanje kompjuterskih modela primenom neke od numeričkih metoda za modeliranje obloga, rotirajućeg elementa i stege, kako bi se predvideli funkcionalni problemi i došlo do poboljšanih rešenja obloga. Konačan izbor frikcionog materijala kočne obloge za određenu kočnicu, tj. za određeno vozilo, zasniva se na brojnim analizama, u najvećoj meri eksperimentalnim ispitivanjima, i to sa aspekta svih važnih zahteva. Ispitivanja funkcionalnih karakteristika frikcionih materijala obuhvataju određivanje svojstava materijala u pogledu trenja i habanja, pod dejstvom bitnih uticajnih činilaca. U ovom radu je prikazana analiza frikcionih karakteristika kočnih obloga zasnovana na putnim ispitivanju vozila.

1. Uvod

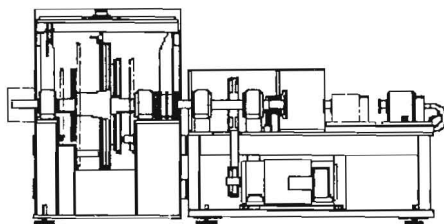
Automobilske kočnice predstavljaju samo jedno od rešenja gde elementi u kontaktu klizaju jedan preko drugog velikim brzinama klizanja sa visokim koeficijentima trenja. Ovo postavlja ekstremne zahteve pred frikcionu materijale. Oni moraju da obezbede stabilno trenje pri različitim temperaturama, opterećenjima, uslovima okoline i stanju pohabanosti. Osim toga, moraju se izbegnuti veliki obim habanja i makroskopski lomovi. Kao primer energije koja se razvija pri kočenju vozila posmatraćemo primer vozila srednje klase mase oko 1500 kg. Kada se vozi brzinom 28 m/s (~100 km/h), kinetička energija vozila je 600 kJ. Najkraći mogući zaustavni put je oko 40 m.

Pretpostavljajući da je usporenje konstantno, što je opravdano jer trenje između pneumatika i puta kontroliše silu usporenja, zaustavljanje traje 2.9 s. Kao rezultat dobijamo da će srednja snaga koja se razvija tokom procesa kočenja biti 206 kW, a maksimalna snaga kočenja na početku zaustavljanja biće 412 kW. Približno 80 % ove snage se apsorbuje u prednjim kočnicama koje imaju po dve kočne pločice. Maksimalna snaga koju apsorbuje svaka pločica je tako 82 kW, a to je vrednost koja je slična maksimalnoj snazi motora na izlazu. Sva ova snaga se razvija na površini malo manjoj od površine dlana. Oblast realnog kontakta je, međutim, još i manja. Mada je veoma teško izračunati, možemo proceniti da je to 20% od nominalne površine. Znajući da je deformacioni sloj između pločice i diska deo $\approx 1 \mu\text{m}$, tada je ukupna zapremina koja se deformiše $0.8 \text{ mm}^3 = 0.8 \cdot 10^{-6} \text{ dm}^3$. Snaga koja se razvija na deformacionom sloju je tako 100 GW/dm^3 . Poređenja radi nuklearni reaktor razvija snagu od oko 1 GW.

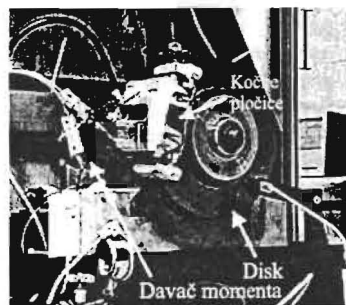
2. ISPITIVANJA FRIKCIONIH KARAKTERISTIKA KOČNIH OBLOGA

Ispitivanja frikcionih materijala kočnih obloga se izvode na različitim nivoima: putna ispitivanja vozila, testovi klizanja vozila (skid-pad), pogon vozila na valjcima (ugrađeni ili mobilni), inercioni dinamometri ili laboratorijski tribometri. Frikciona svojstva kočnih obloga zavise od više parametara radnih uslova, a pre svega od temperature, površinskog pritiska i od brzine klizanja na frikcionim površinama.

Inercioni dinamometri se koriste za ispitivanje: frikcionih karakteristika, trajnosti, uticaja frikcionih obloga na vek metalnog elementa, dimenzione stabilnosti, ponašanja u uslovima ekstremne toplote i hladnoće, buke-uključujući i zvuke nečujne za čovekovo uho. Kočni dinamometar (slika 1) je u osnovi veliki zamajac povezan sa rotirajućim elementom kočnice preko osovine. Zamajac je dimenzionisan kako bi simulirao kinetičku energiju vozila koje se ispituje. Svaki ciklus ispitivanja započinje tako što električni motor ubrzava zamajac do željene brzine. Tokom procesa kočenja, zamajac se oslobađa od motora i usporava sa kočnicom.



Slika 1: Kočni inercioni dinamometar



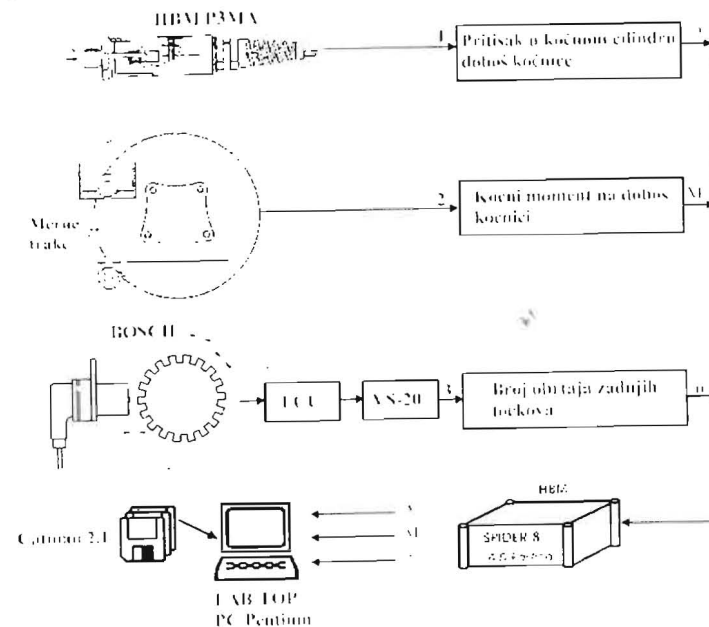
Slika 2: Uređaj za laboratorijsko ispitivanje frikcionih karakteristika kočnih pločica disk kočnice

Na slici 2 je prikazano malo drugačije laboratorijsko ispitivanje zasnovano na korišćenju realne automobilske disk kočnice. Električni motor, direktno vezan za disk kočnice preko menjača, upravlja usporenjem nezavisno od sile kočenja. Ova tehnika je npr. pogodnija za ispitivanje buke (squealing), ali je ograničena na male brzine kretanja.

Ova oprema predstavlja kompromis između fleksibilnosti pojednostavljenih laboratorijskih ispitivanja i relevantnosti putnih ispitivanja. Tokom ispitivanja meri se pritisak u kočnoj instalaciji, kočni moment, temperatura diska. Kočni moment se meri davačem koji je montiran na pogonskoj osovini. Znajući radijus diska, može se izračunati koeficijent trenja.

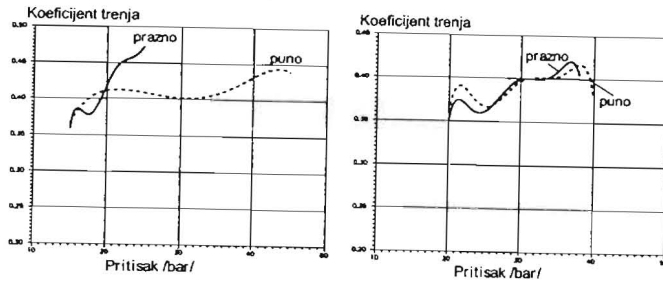
Često nisu dovoljna samo laboratorijska ispitivanja frikcionih karakteristika, već je neophodno ispitati kočne pločice i obloge u realnim uslovima eksploatacije na putu. Merna oprema potrebna za putna ispitivanja putničkih i teretnih vozila obuhvata baždarene davače brzine, usporenja, pritiska u hidrauličnoj kočnoj instalaciji, buke i termoparove kako bi se pratile temperature pločica i obloga.

Deo primenjenog mernog sistema za određivanje radne karakteristike doboš kočnica, prikazan na slici 3, obuhvata davač pritiska u kočnom cilindru, davač kočnog momenta i davač broja obrtaja. Davač kočnog momenta je rešenje posebno prilagođeno doboš kočnicama koje se nalaze na zadnjoj osovini, nezavisno oslonjenoj sa poprečno postavljenim gibnjem.

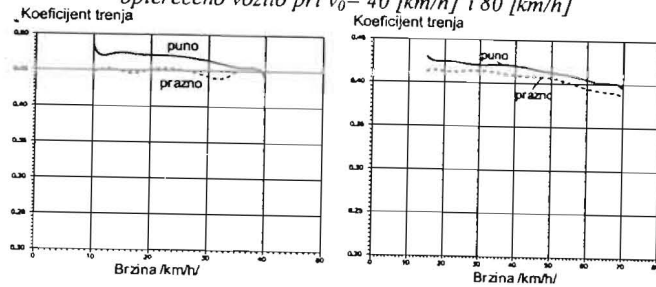


Slika 3: Merni lanac za analizu koeficijenta trenja doboš kočnica u putnim uslovima

Na osnovu snimljenih signala analiziran je uticaj promene pritiska u kočnom cilindru i brzine kretanja vozila na koeficijent trenja u toku izvršenih testova i ilustrovan je na slikama 4 i 5. Porastom pritiska očigledan je porast koeficijenta trenja za obe početne brzine pri kočenju (40 i 80 km/h), ali je taj porast intenzivniji za $v_0 \approx 40 \text{ km/h}$ i za slučaj praznog vozila. Uticaj brzine kretanja na koeficijent trenja je manje izražen, a u svim slučajevima prisutan je trend opadanja sa porastom brzine.

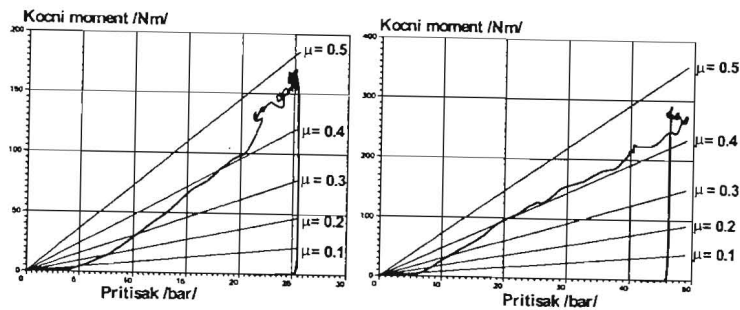


Slika 4: Promena koeficijenta trenja sa promenom pritiska za prazno i potpuno opterećeno vozilo pri $v_0 = 40$ [km/h] i 80 [km/h]

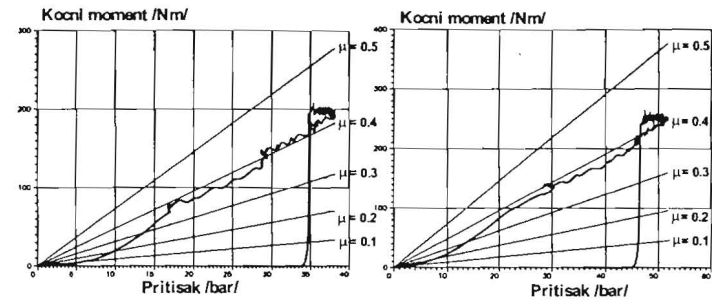


Slika 5: Promena koeficijenta trenja sa promenom brzine za prazno i potpuno opterećeno vozilo pri $v_0 = 40$ [km/h] i 80 [km/h]

Na slikama 6 i 7 prikazan je drugi način analize promene koeficijenta trenja sa pritiskom za $v_0 \approx 40$ [km/h] i ≈ 80 [km/h], kao i za prazno i potpuno opterećeno vozilo. Izmereni kočni momenti porede se sa analitički određenim kočnim momentima, uz pretpostavku kosinusne raspodele pritiska duž kočne obloge, za različite vrednosti koeficijenta trenja (od 0.1 do 0.5). Očigledno je, posebno za slučaj potpuno opterećenog vozila, da se vrednosti koeficijenta trenja za vrednosti pritiska iznad 20 [bar] dobro poklapaju sa analitički dobijenim krivama.

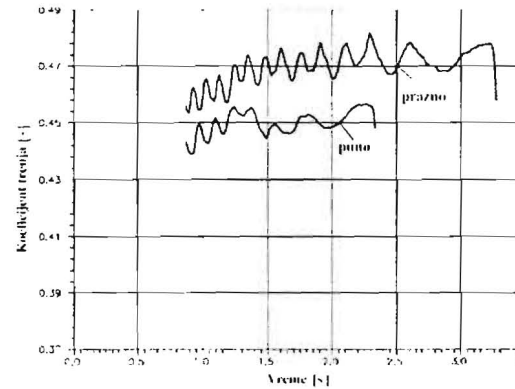


Slika 6: Uporedna analiza izmerenog i analitički određenog kočnog momenta u cilju određivanja koeficijenta trenja za prazno i potpuno opterećeno vozilo pri $v_0 \approx 40$ [km/h]



Slika 7: Uporedna analiza izmerenog i analitički određenog kočnog momenta u cilju određivanja koeficijenta trenja za prazno i potpuno opterećeno vozilo pri $v_0 \approx 80$ [km/h]

Na osnovu rezultata dobijenih eksperimentalnim istraživanjem i pretpostavke o kosinusnoj raspodeli površinskog pritiska duž kočne obloge, može se odrediti promena koeficijenta trenja u toku procesa kočenja. Kao ilustracija primenjene metodologije, na slici 8 prikazana je promena koeficijenta trenja u toku testa sa početnom brzinom 40 [km/h].



Slika 8: Koeficijent trenja u toku testa kočenja pri $v_0 \approx 40$ [km/h]

3. Zaključak

Postoji veliki broj testova (ispitivanje stišljivosti, toplotne provodljivosti, itd.) koji se koriste tokom razvoja frikcionih materijala i aditiva, ali konačna ocena za frikzione materijale kočnica obuhvata obimna ispitivanja na vozilu sa komponentama u realnoj veličini. Na kočne performanse utiču ne samo frikcionni materijali i konstrukcija vozila, već značajno i ponašanje vozača, stanje vozila, stanje kočnih obloga, i na kraju okolina u kojoj se vozilo kreće. Na ovo se mogu dodati mogući uticaji upravljačkog dela kočnog sistema, kočenje motorom i aerodinamika u prostoru točka, tako da laboratorijski testovi ne mogu simulirati uslove vožnje precizno.

Sve ovo opravdava razvijanje metodologije putnih ispitivanja na bazi kojih je određena promena koeficijenta trenja frikcionih materijala kočnih obloga doboš kočnica tokom

vremena, kao i analiziran uticaj opterećenja, brzine kretanja i pritiska u kočnim cilindrim zadnjih točkova. Ovim mekim sistemom je moguće u realnom vremenu oocniti i pogoršanje radnih karakteristika sa povećanjem temperature (fading), što je pojava posebno izražena kod doboš kočnica.

4. Literatura

- /1/ Todorović, J.: Kočenje motornih vozila, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1988.
- /2/ Eriksson, M.: Friction and Contact Phenomena of Disk Brakes Related to Squeal, Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology, Acta Universitatis Upsaliensis, Uppsala 2000.
- /3/ Necoomb, T. P., Spurr, R. T.: Braking of road vehicles, Chapman and Hall, London, 1967.
- /4/ Glišović, J.: Identifikacija prenosnih karakteristika doboš kočnica, Magistarski rad, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2001.

ANALYSIS OF BRAKE PAD FRICTION CHARACTERISTIC OBTAINED BY ROAD TESTING OF VEHICLE

The development of brake pad friction materials is a balance of functional, physical-chemical properties, constantly fraught with numerous contradictions. However, the following friction material properties are generally desirable: high static and dynamic coefficient of friction under all permissible environmental circumstances, stable and predictable dynamic friction coefficient, minimum wear characteristics combined with frictional properties that inhibit counter surface wear, i.e. kind to the rotating counter member, adequate corrosion resistance to retain the preferred property spectrum in the presence of water, salt, sand and mud, zero judder generation or excitation characteristics, acceptable costs of raw materials, processing and manufacturing technologies. Today in world it is present the development of new types of friction materials including ceramicilly modified materials with low contents of metals, mounting of noise alleviation elements, development of simulation models using some of numeric methods for modeling brake pad, disk, drum and calliper in order to improve brake pad construction. Final selection of brake pad friction material for particular brake, i.e. for certain vehicle, is based on numerous analysis, mostly on experimental research, and from the aspect of all important requests. Functional characteristic testing of friction materials include determination of material characteristics such as friction and wear under important influence factors. Analysis of brake pad friction characteristic obtained by the road testing of vehicle is presented in this paper.

Mr Jasna Glišović, dipl. inž., asistent, Mašinski fakultet, Sestre Janjić 6, Kragujevac, e-mail: jaca@knez.kg.ac.yu
Danijela Miloradović, dipl. inž. asistent pripravnik, Mašinski fakultet, Sestre Janjić 6, Kragujevac, e-mail: nej@knez.kg.ac.yu