

VII MEĐUNARODNI NAUČNO-STRUČNI SKUP
O DOSTIGNUĆIMA ELEKTRO I MAŠINSKE
INDUSTRije

BANJALUKA

DEMI

2005

27. i 28. maj 2005. god.

7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
ACCOMPLISHMENTS OF ELECTRICAL
AND MECHANICAL INDUSTRIES

ZBORNIK RADOVA

PROCEEDINGS

UNIVERZITET U BANJALUCI
MAŠINSKI FAKULTET

BANJALUKA, 27. I 28.MAJ 2005.

VII MEĐUNARODNI NAUČNO-STRUČNI SKUP
O DOSTIGNUĆIMA ELEKTRO I MAŠINSKE
INDUSTRIJE

BANJALUKA
DEMI

2005

27. i 28. maj 2005. god.

7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
ACCOMPLISHMENTS OF ELECTRICAL
AND MECHANICAL INDUSTRIES

ZBORNIK RADOVA 7. MEĐUNARODNOG NAUČNO-STRUČNOG SKUPA O DOSTIGNUĆIMA ELEKTRO I MAŠINSKE INDUSTRIJE

PROCEEDINGS OF THE 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACCOMPLISHMENTS OF ELECTRICAL AND MECHANICAL INDUSTRIES

Izdavač
Publisher

MAŠINSKI FAKULTET BANJALUKA

Urednik
Editor

Dr Miroslav Rogić, van. prof.

Tehnička obrada i dizajn
Technical treatment and design

Biljana Prochaska, dipl. ing. maš.

Tiraž
Circulation

150 primjeraka

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна и универзитетска библиотека
Републике Српске, Бања Лука

621 (082)
621.3 (082)

МЕЂУНАРОДНИ научно-стручни скуп о
достигнућима електро и машинске индустрије (7;
2005; Бања Лука)

Zbornik radova 7. Međunarodnog naučno-
stручnog skupa o dostignućima elektro i mašinske
industrije = Proceedings of the 7th International
Conference on Accomplishments of Electrical and
Mechanical Industries, 27. i 28. maj 2005. godine,
Banja Luka / [naučni odbor Dušan Gruden ... [et al.] ;
organizacioni odbor Miroslav Rogić ... [et al.]]. - Banja
Luka : Mašinski fakultet, 2005 (Banja Luka :
Grafopapir). - 667 str. : ilustr. ; 24 cm

Tiraž 150. - Napomene uz tekst. - Bibliografija uz sva
poglavlja.

ISBN 99938-39-08-6

ГРУДЕН, Душан 916
РОГИЋ, Мирољав 916

П.О.: ЕЛЕКТРОИНДУСТРИЈА - Зборници,
МАШИНСКА ИНДУСТРИЈА - Зборници,

MFN=002477
Winisis-Библио

trenja nema smisla jer trenje gotovo da ne utiče na prirudnu oscilaciju. Pri rezonantnom režimu dobijeni su i krutost i prigušenje s velikom preciznošću. Analizirani model predstavlja izrazito krt dinamički sistem koji dodatno komplikuje predstavljeni problem identifikacije parametara. Da bi se dobila zadovoljavajuća tačnost mora se preciznost izračunavanja pojedinih veličina podići bar za tri puta u odnosu na sisteme koji nisu kruti.

LITERATURA

- [1] Etman P.: *Optimization of Multibody Systems using Approximation Concepts*, Ph.D. Thesis, Technische Universiteit Eindhoven, 1997.
- [2] Cao Y., Li S., Petzold L. R. and Serban R.: *Adjoint Sensitivity Analysis for Differential-Algebraic Equations: The Adjoint DAE System and its Numerical Solution*, SIAM J. Sci. Comput. 24(3), pp. 1076-1089, 2003.
- [3] Petzold L., Jay L. and Ye J.: *Numerical Solution of Highly Oscillatory Ordinary Differential Equations*, Acta Numerica 6, pages 437-484, 1997.
- [4] Serban R.: *Dynamic and Sensitivity Analysis of Multibody Systems*, Ph.D. Thesis, The University of Iowa, July 1998.
- [5] Filipović I.: *Torzione oscilacije motora sui*, MF Sarajevo, 1998.
- [6] Haug, E. J.: *Computer Aided Kinematics and Dynamics of Mechanical Systems*, volume 1., Allyn and Bacon, Massachusetts, 1989.
- [7] Jankov R.: *Matematičko modeliranje strujno-termodinamičkih procesa i pogonskih karakteristika dizel-motora*, Naučna knjiga, Beograd, 1984.

DODATAK

Lista korištenih oznaka

\mathbf{M}	matrica inercijskih koeficijenata sistema	\mathfrak{M}	pobudni moment
\mathbf{Q}^A	vektor kolona generalisanih sile	y_m	izlaz iz modela
\mathbf{b}	vektor kolona nepoznatih parametara	y_i	izmjerene vrijednosti
\mathbf{r}	vektor kolona ostatka	V	funkcija cilja
\mathbf{g}	gradijent funkcije cilja	α	korak
\mathbf{H}	hesijan funkcije cilja	θ	moment inercije
\mathbf{J}	jakobijan funkcije cilja	ϑ	ugao uvijanja
\mathbf{d}	pravac traganja	k	prigušenje
r_i	razlika između izmjerene veličine i dobijene na osnovu modela	c	krutost
\mathcal{M}	model- sistem diferencijalnih jednčina		

Tabela 1: Parametri torziono oscilatornog sistema

Veličina	Vrijednost	Jedinica mjere	Opis
θ_m	0.9	kgm^2	moment inercije motora
θ_z	2.4	kgm^2	moment inercije zamajca
c	2600000	Nm/rad	krutost sistema
k_m	100	Nms/rad	prigušenje
\mathfrak{M}_c	300	Nm	amplituda kosinusne komponente
\mathfrak{M}_s	400	Nm	amplituda sinusne komponente
$k\omega_b$; ($k = 5$ i $\omega_b = 110$)	110	rad/s	frekvencija pobude kod nerezonantnog režima
$k\omega_b$; ($k = 5$ i $\omega_b = 340$)	1700	rad/s	frekvencija pobude kod rezonantnog režima

VI MEĐUNARODNI NAUČNO-TEHNIČKI SKUP
O DOSTIGNUĆIMA ELEKTRO I MAŠINSKE
INDUSTRIJE



VI INTERNATIONAL CONFERENCE ON
ACCOMPLISHMENTS OF ELECTRICAL
AND MECHANICAL INDUSTRIES

UTICAJ TIPA VOĐICE NA KINEMATSKU SPREGU SISTEMA ZA UPRAVLJANJE I SISTEMA ELASTIČNOG OSLANJANJA PUTNIČKOG AUTOMOBILA

Danijela Miloradović¹, Jasna Glišović²

Rezime: U radu je razmatrana kinematska sprega sistema za upravljanje i sistema elastičnog oslanjanja prednjeg levog točka putničkog automobila "Zastava Florida". Cilj istraživanja bila je analiza uticaja promene oblike, veličine i položaja vođice na osnovne analitičke zavisnosti između karakterističnih geometrijskih i kinematskih veličina sistema za upravljanje i sistema elastičnog oslanjanja (SEO). Analiza je izvedena na osnovu razvijenih geometrijskih i kinematskih modela sistema za upravljanje tipa zupčanik-zupčasta letva i McPherson-ovog sistema elastičnog oslanjanja sa serijskom i modifikovanom vođicom. Promene ugla nagiba točka, poluprečnika kotrljanja, kraka zatura, ugla zatura i polu-traga točka mogu se prikazati u funkciji od vertikalnog hoda točka i hoda zupčaste leve. Na osnovu raspona mogućih vrednosti posmatranih veličina, moguće je izvesti zaključke o kvalitetu izvođenja konkretnе sprege sistema za upravljanje i sistema elastičnog oslanjanja.

Ključne riječi: vođica, kinematska sprega, sistem za upravljanje, sistem elastičnog oslanjanja

INFLUENCE OF SWING ARM TYPE ON KINEMATICAL COUPLING BETWEEN STEERING SYSTEM AND SUSPENSION SYSTEM OF PASSENGER CAR

Abstract: Kinematska sprega sistema za upravljanje i sistema elastičnog oslanjanja prednjeg levog točka putničkog automobila "Zastava Florida" je u fokusu ovog rada. Cilj istraživanja je analiza uticaja promene oblike, veličine i položaja vođice na osnovne analitičke zavisnosti između karakterističnih geometrijskih i kinematskih veličina sistema za upravljanje i sistema elastičnog oslanjanja (SEO). Analiza je izvedena na osnovu razvijenih geometrijskih i kinematskih modela sistema za upravljanje tipa zupčanik-zupčasta letva i McPherson-ovog sistema elastičnog oslanjanja sa serijskom i modifikovanom vođicom. Varijacije ugla nagiba točka, poluprečnika kotrljanja, kraka zatura, ugla zatura i polu-traga točka mogu se prikazati u funkciji od vertikalnog hoda točka i hoda zupčaste leve. Na osnovu raspona mogućih vrednosti posmatranih veličina, moguće je izvesti zaključke o kvalitetu izvođenja konkretnе sprege sistema za upravljanje i sistema elastičnog oslanjanja.

Keywords: swing arm, kinematska sprega, sistem za upravljanje, sistem elastičnog oslanjanja

¹ Mr Danijela Miloradović, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Srbija i Crna Gora, e-mail: neja@kg.ac.yu

² Mr Jasna Glišović, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Srbija i Crna Gora, e-mail: jaca@kg.ac.yu

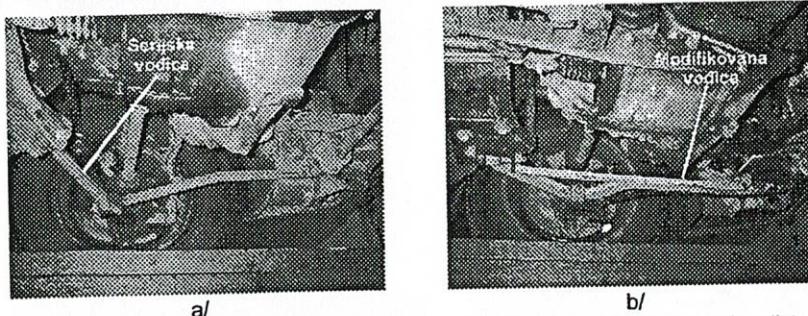
1. UVOD

Stabilnost i upravljivost vozila zavise, između ostalog, i od izbora optimalne geometrije sistema za upravljanje i elastično oslanjanje (npr. ugla nagiba točka, ugla zatura, ugla nagiba ose zaokretanja točka). Vodice i spone konstruišu se tako da omoguće prostorna pomeranja točkova u skladu sa dinamičkim zahtevima raznih situacija u vožnji. Pošto je, obično, jednostavnije izvršiti zahvate na geometriji sistema za elastično oslanjanje, konstruktori vozila najčešće vrše korekcije na elementima ovog sistema radi dobijanja boljih karakteristika stabilnosti i upravljivosti. Međutim, mehanički kompromisi i ograničenja ugradnje usled raspoloživog prostora, dovode do grešaka u geometriji, a stvarni sistem elastičnog oslanjanja često odstupa od idealnog na više načina.

U ovom radu proučen je uticaj promene tipa vodice na kinematsku interakciju između sistema za upravljanje tipa zupčanik - zupčasta letva i prednjeg sistema elastičnog oslanjanja tipa McPherson vozila Zastava Florida. Ova kombinacija sistema za upravljanje i sistema elastičnog oslanjanja je, danas, najšire rasprostranjena na putničkim vozilima evropskih proizvođača, a bila je predmet više istraživanja [1, 3, 4]. Analiza je izvedena na osnovu razvijenih geometrijskih i kinematskih modela sistema za upravljanje tipa zupčanik-zupčasta letva i McPherson-ovog sistema elastičnog oslanjanja sa serijskom i modifikovanom vodičicom [2, 5]. Pri formiranju kinematskog modela, imalo se u vidu da spregnuti sistem za upravljanje i prednji sistem elastičnog oslanjanja predstavljaju složen prostorni mehanizam, koji odlikuju odgovarajuće veze i ograničenja kretanja pojedinih elemenata.

2. KINEMATSKI MODEL SISTEMA ZA UPRAVLJANJE I PREDNJEG SISTEMA ELASTIČNOG OSLANJANJA

Serijska varijanta sistema elastičnog oslanjanja vozila Zastava Florida ima jednu poprečnu vodiču u obliku poluge sa sfernim zglobom za vezu sa nosačem glavčine točka na jednom kraju i elastičnim gumenim osloncem za vezu sa karoserijom vozila na drugom kraju, slika 1a/. Umesto serijske vodičice, modifikovani sistem elastičnog oslanjanja ima tzv. "TTR" ("traverza - trougaono rame") vodiču, slika 1b/.



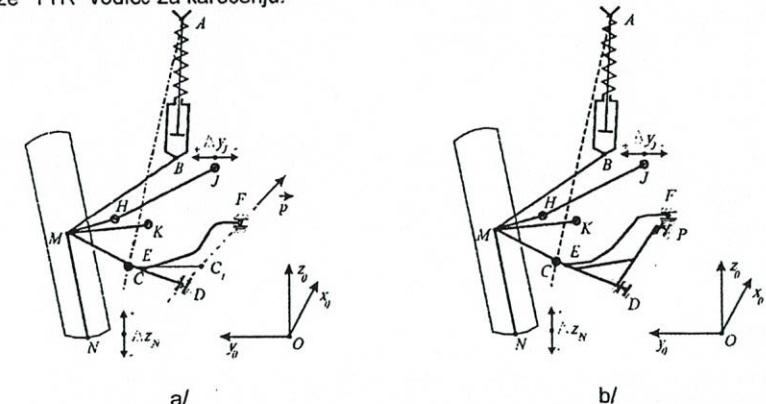
Sl. 1 Prednji sistem elastičnog oslanjanja vozila "Zastava Florida" sa: a/ serijskom vodičicom i b/ modifikovanom, "TTR" vodičicom

Pri proračunima korišćeni su podaci o prostornim koordinatama karakterističnih tačaka sistema za upravljanje i elastično oslanjanje iz konstruktivne dokumentacije

Uticaj tipa vodice na kinematsku spregu sistema za upravljanje i sistema elastičnog oslanjanja putničkog automobila

vozila. Potrebni podaci o modifikovanom prednjem sistemu elastičnog oslanjanja dobijeni su merenjem koordinata karakterističnih tačaka čiji se položaj razlikuje od položaja odgovarajućih tačaka na serijskom sistemu elastičnog oslanjanja vozila.

Na slici 2a/, vidi se šematski prikaz prednjeg levog točka (M - centar točka, N - tačka kontakta pneumatička i tla) sa elementima: serijskog sistema elastičnog oslanjanja (AB - sklop amortizer - opruga, CD - poprečna vodičica, EF - deo prednjeg stabilizatora), pogonskog sistema (K - homokinetički zglob leve pogonske poluosovine), sistema za upravljanje (HJ - leva spona) i trenutnom osom zaokretanja točka (AC). Slika 2b/ prikazuje šemu modifikovanog sistema elastičnog oslanjanja prednjeg levog točka, pri čemu su zadržane identične slovne označke. Tačka P je tačka veze "TTR" vodice za karoseriju.



Sl. 2 Šematski prikaz točka sa elementima sistema za upravljanje i elastično oslanjanje sa: a/ serijskom vodičicom i b/modifikovanom vodičicom

Kvazi-statički proračun mogućih prostornih položaja karakterističnih tačaka izveden je uz ubičajene pretpostavke da je oslonjena masa nepokretna, a točak i elementi sistema za upravljanje i elastično oslanjanje - apsolutno kruti. Pomenute pretpostavke uvedene su jer je cilj ove analize bilo uspostavljanje mogućih prostornih konfiguracija posmatranih sistema za upravljanje i sistema elastičnog oslanjanja za svaku od zadatih vrednosti hoda zupčaste letve i vertikalnog hoda točka, a imajući u vidu konstruktivna ograničenja. Kao posledica usvojenih pretpostavki, vektori položaja tačke A (veze amortizera za karoseriju), tačke D (veze poprečne vodičice za karoseriju) i tačke F, odnosno tačke P za modifikovanu varijantu oslanjanja, ostaju nepromjenjeni:

$$\bar{r}_A = \text{const}, \quad \bar{r}_D = \text{const}, \quad \bar{r}_F = \text{const}, \quad \bar{r}_P = \text{const}. \quad (2.1)$$

Pošto posmatrane mehanizme čine elementi - kruta tela, zakoni kretanja nekih tačaka moraju zadovoljiti uslove nepromenljivosti međusobnih rastojanja, recimo, za nepromenljivu dužinu poprečne vodičice, \bar{CD} (odnosno dela "TTR" vodice):

$$|\bar{r}_C - \bar{r}_D| = l_{CD} = \text{const} \quad (2.2)$$

Proračuni su vršeni za zadata vertikalna pomeranja tačke N (hod točka, Δz_N [mm]), i bočna pomeranja tačke J (hod zupčaste letve, Δy_J [mm]), vodeći računa o konstruktivno mogućim pomeranjima. Napisan je program [2, 5] za rešavanje 19 algebarskih jednačina drugog reda koji kao rezultat daje moguće prostorne položaje karakterističnih tačaka. Sledi jednačine na osnovu kojih se određuju promene osnovnih parametara sistema elastičnog oslanjanja:

- promena ugla nagiba točka, ϕ [$^{\circ}$]:

$$\phi = \arctg \left[\frac{y_M - y_N}{z_M - z_N} \right] \frac{180}{\pi}, \quad (2.3)$$

- promena ugla zatura ose zaokretanja točka, ε [$^{\circ}$]:

$$\varepsilon = \arctg \left[\frac{x_C - x_A}{z_A - z_C} \right] \frac{180}{\pi}, \quad (2.4)$$

- promena polutraga točka, Δy_N [mm] (veličina y_{Ns} u statičkom položaju):

$$\Delta y_N = y_N - y_{Ns}, \quad (2.5)$$

- promena poluprečnika kotrljanja točka pri zaokretanju, R_0 [mm]:

$$R_0 = y_N - \left[y_A + \frac{(y_C - y_A)(z_N - z_A)}{z_C - z_A} \right]. \quad (2.6)$$

- promena kraka zatura, n [mm]:

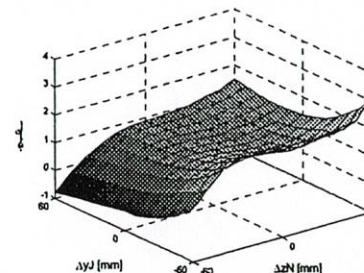
$$n = \left[x_A + \frac{(x_C - x_A)(z_N - z_A)}{z_C - z_A} \right] - x_N. \quad (2.7)$$

3. PRIKAZ I ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

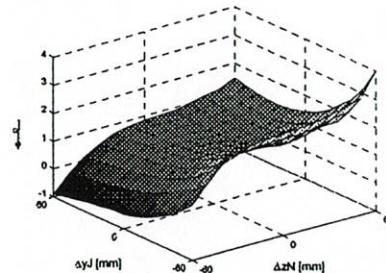
Mogući prostorni položaji karakterističnih tačaka posmatranih sistema za upravljanje i elastično oslanjanje, kao i veličine definisane jednačinama (2.3) do (2.7) koje odslikavaju karakter kinematske sprege posmatrana dva sistema, mogu se prikazati u obliku 3D dijagrama u zavisnosti od vertikalnog hoda točka i hoda zupčaste letve. Razmatranjem dobijenih zavisnosti, dolazi se do zaključka da primena modifikovane vodice nije imala primetan uticaj na vrednosti i karakter promene kraka zatura i polutraga točkova. Razlike u veličini nastale su kod ugla nagiba točka, slika 3 i poluprečnika kotrljanja točka pri zaokretanju, slika 4, dok se kod ugla zatura ose zaokretanja točka javila razlika i u veličini, ali i u karakteru promene, slika 5.

Sistem elastičnog oslanjanja sa modifikovanom vodičom daje veće vrednosti ugla nagiba točka u zoni sabijanja amortizera i pri zaokretanju levog točka uлево (unutrašnji točak pri zaokretanju), slika 3b/. Mali pozitivan ugao nagiba točka pomera centar otiska pneumatika bliže osi zaokretanja točka i time olakšava upravljanje i smanjuje udarna opterećenja koja se prenose na elemente sistema za oslanjanje i

upravljanje. Oba sistema oslanjanja daju i male negativne uglove nagiba točka u zoni razvlačenja amortizera i zaokretanja levog točka udesno.



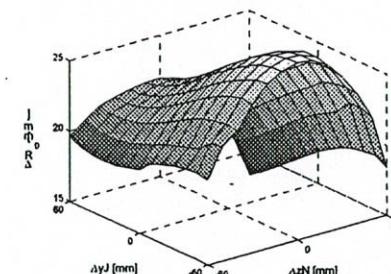
a/ serijski SEO



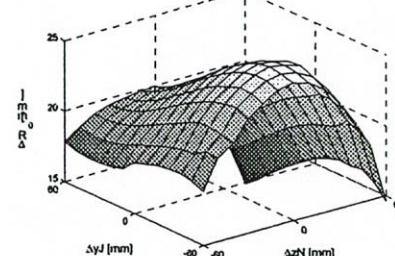
b/ modifikovani SEO

Sl.3 Promena ugla nagiba točka, ϕ [$^{\circ}$]

Upotreba modifikovane vodice dovela je do smanjenja vrednosti poluprečnika kotrljanja pri zaokretanju točka, slika 4b/, što je povoljno, imajući u vidu da ovaj poluprečnik treba da bude što manji, jer se preko njega prenose pogonski i kočni momenti, odnosno pobudne sile od neravnina puta na sistem za upravljanje. Najnepovoljnije vrednosti poluprečnika kotrljanja javljaju se kada je levi točak zaokrenut uлево na ravnom putu.



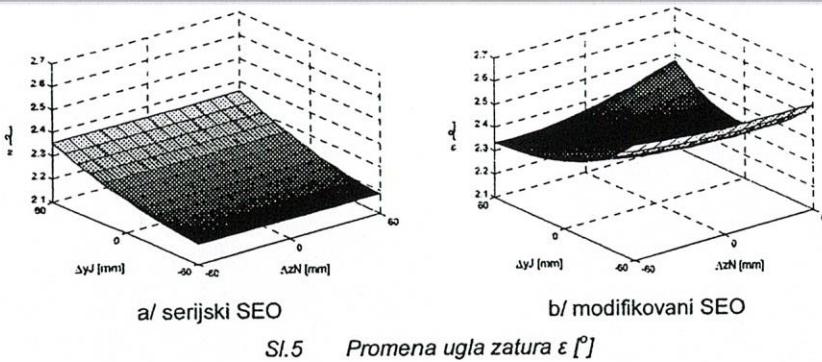
a/ serijski SEO



b/ modifikovani SEO

Sl.4 Promena poluprečnika kotrljanja točka pri zaokretanju, R_0 [mm]

Zamena serijske vodice modifikovanom najviše je uticala na karakter promene ugla zatura ose zaokretanja točka. Dok kod serijskog SEO, slika 5a/, ugao zatura kontinualno opada pri zaokretanju levog točka od punog desnog ka punom levom zaokretu kada postiže minimum, kod SEO sa modifikovanom vodičom, ugao zatura najpre opada i dostiže minimum u zoni neutralnog položaja točka pri zaokretanju, a onda raste kako se levi točak zaokreće udesno i dostiže maksimalnu vrednost. Vrednosti ugla zatura kod varijante SEO sa modifikovanom vodičom su veće u celokupnom rasponu hoda točka i hoda zupčaste letve, ali i dalje ostaje u okvirima preporučenih vrednosti 2-4 [$^{\circ}$].



4. ZAKLJUČAK

Proučavanje kinematske interakcije između sistema za upravljanje i sistema elastičnog oslanjanja obavljeno je na kinematskom modelu koji posmatra elemente ovih sistema kao kruta tela, što ukazuje na potrebu nadogradnje modela. Rezultati kinematske analize mogu se tumačiti sa dva aspekta. Prvi čine zavisnosti osnovnih parametara sistema elastičnog oslanjanja i prostornog položaja točka od vertikalnog hoda točka i hoda zupčaste letve. Drugi aspekt razmatranja je sagledavanje uticaja promene oblika i položaja jednog elementa sistema elastičnog oslanjanja (u ovom slučaju vodice) na ukupno ponašanje sistema za upravljanje i sistema elastičnog oslanjanja. U konkretnom slučaju, nameće se zaključak da novo rešenje vodice ne dovodi do značajnih poboljšanja kinematske sprege posmatrana dva sistema.

Razvijeni program za proučavanje kinematske sprege sistema za upravljanje i sistema za elastično oslanjanje može da se upotrebni pri variranju vrednosti početnih koordinata karakterističnih tačaka u cilju otkrivanja optimalnih veličina u fazi razvoja oba sistema i usaglašavanja njihovih karakteristika.

LITERATURA

- [1] Janković D., Popović V.: "Kinematička karakteristika sistema oslanjanja putničkog vozila", XVI međunarodni naučno-stručni skup "Nauka i motorna vozila", Zbornik radova, p.p. 57-59, Beograd, 1997.
- [2] Miloradović D., Glišović J.: "Analiza kinematske interakcije sistema za upravljanje i sistema elastičnog oslanjanja putničkog vozila", XII međunarodni naučni simpozijum "Motorna vozila i motori", Zbornik radova, p.p. 107-110, Kragujevac, 2002.
- [3] Bian X., Song A., Becker W.: "The optimization design of the McPherson strut and steering mechanism for automobiles", "Forschung im Ingenieurwesen", Vol. 68, p.p. 60-65, 2003.
- [4] Mantaras D., Luque P., Vera C.: "Development and validation of a three-dimensional kinematic model for the McPherson steering and suspension mechanisms", "Mechanism and Machine Theory", vol. 39, p.p. 603-619, 2004.
- [5] Miloradović D.: "Interakcija između sistema za upravljanje i sistema za oslanjanje putničkih vozila", Magistarska teza, Mašinski fakultet u Kragujevcu, 2004.



Rezime: U radu su prikazani faktori koji utiču na definisanje karoserije putničkog automobila (stil, klasa, verzija, gabariti, propisi itd.). Ponašanje karoserije jednog modela dosta se razlikuje od ponašanja karoserije izvedenog modela iako su pojedina rešenja karoserijskih sklopova identična kod karoserija na više modela jednog proizvođača. U cilju prikaza uticaja na ponašanje karoserije u celini data je uporedna analiza ponašanja karoserija u kvazi-statičkim uslovima.

Ključne riječi: automobile, karoserija, uticaji.

THE RESEARCH OF INFLUENCES ON PASSENGER CAR BODY DEFINING

Abstract: The paper presents the factors which influence the defining of passenger car body (stil, class, version outline, regulations etc). The behaviour of one model car body is significantly different from the behaviour of car body of developed model, although some solutions for car body structures are identical on car bodies of several models of one producer. With the aim of presenting the influence on the behaviour of car body as a whole, we have presented a comparative analysis of car body behaviour in quasi-static conditions.

Keywords: automobile, car body, influence.

1. UVOD

Kod savremenih putničkih automobila najčešće se primenjuje samonoseća konstrukcija karoserije. Kod serijskih automobila karoserije se, uglavnom izvode od tankozidnih limova, koji se odgovarajućim postupcima spajaju (varenje, lemljenje, lepljenje itd.). Na konstrukciju noseće konstrukcije /2/ utiče više faktora i to: usvojeni stil vozila, koncepcija vozila, gabariti vozila, verzija vozila, primena novih materijala, uticaj propisa iz bezbednosti itd..

U radu će biti analizirana jedna od nosećih konstrukcija kao i izvedenih verzija vozila, kod istog proizvođača.

2. UTICAJ KONCEPCIJE VOZILA

Kao jedan od primera rešavanja noseće konstrukcije, za više verzija modela jednog proizvođača, dat je kod Opel-a. Opel Corsa je model koji pripada višoj A klasi.

¹dr Milan Milovanović, Kragujevac, Institut za automobile, silja@ia.kg.ac.yu