

ELASTIČNI ELEMENT U FUNKCIJI POBOLJŠANJA VEŠAJNOG SISTEMA NA Fbd KOLIMA

dr Dragan PETROVIĆ, docent, dr Ranko RAKANOVIĆ, red. prof.

Dr Dragan Petrović, docent rođen 1960. godine u Kraljevu. Mašinski fakultet završio je 1984, a magistarsku tezu pod naslovom "Naponi i deformacije vagonkog postolja koje je oslabljeno otvorima", odbranio je 1989. na Mašinskom fakultetu u Beogradu. Doktorsku disertaciju pod naslovom "Stabilnost noseće strukture vagona pri sudaru" odbranio je 2000. godine, na Mašinskom fakultetu u Kraljevu. Do sada je radio u fabrici "Zmaj" Zemun, Fabrici vagona Kraljevo, gde mu 1989. godine dodeljuje prvu nagradu za novatorstvo i uštede. Trenutno je zaposlen na Mašinskom fakultetu u Kraljevu, gde je 2001. izabran u zvanje docenta za predmete Železnička vozila i Ispitivanje mašinskih konstrukcija. Učestvovao u više naučno-istraživačkih projekata. Pored više naučnih i stručnih radova u zemlji i inostranstvu, autor je i monografije "Dinamika sudara vagona".



Dr Ranko Rakanović, red.prof. rođen je 1941.godine. Osnovnu školu u Gornjoj Gorevnici i Gimnaziju u Čačku završio je u periodu 1948. do 1960. god. Mašinski fakultet u Beogradu završio je 1966.god. Radio je u fabrici Pupin u Beogradu od 1964-66.god., a do 1988.god. u Fabrici vagona Kraljevo. U ovom periodu radio je na razvoju metoda istraživanja i aplikaciji na konkretnim razvojnim proizvodima za potrebe fabrika vagona. Doktorsku disertaciju odbranio je 1981. god. na Mašinskom fakultetu u Beogradu. U ovom periodu obavljao je poslove na dužnosti projektanta, vodećeg projektanta, šefa Ovitnog centra i pomoćnika Generalnog direktora za razvoj. U zvanje docenta izabran je 1982.god., u zvanje vanrednog profesora 1988. god., a 1995. u zvanje redovnog profesora. U ovom periodu obavljao je dužnosti rukovodioca nastavne jedinice od 1983.-1988. godine. Od 1988.-1996. godine obavljao je dužnost Dekana Mašinskog fakulteta u Kraljevu. U periodu 1996. do sada obavlja dužnost šefa katedre. Neprekidno se bavi istraživanjem u okviru Ovitnog centra FVK i Centra za železnička vozila na Mašinskom fakultetu u Kraljevu. Za doprinos razvoju Ovitnog centra i razvoju Mašinskog fakulteta u Kraljevu dobitnik je nagrade Zaslužnog građanina grada Kraljeva. Koautor je u dve monografije i autor knjige Ispitivanje mašinskih konstrukcija izdate 1997. god.



Kategorija rada: PRETHODNO SAOPŠTENJE
Recezent: Prof. dr Jovan Todorović, MF Beograd
UDK/UDC: 629.452 : 62-219.5.001.891.5
Rad primljen: 15.02. 2005.

ADRESA:

36000 Kraljevo
Mašinski fakultet Kraljevo
Dositejeva 19

1. UVOD

U okviru programa istraživanja racionalizacije tehnologije transporta uglja u termoenergetskim postrojenjima posebna pažnja posvećena je poboljšanju vešajnog sistema na specijalnom vagonu namenjenom za ovu vrstu transporta. Vagon za prevoz uglja sa oznakom "Fbd" prilagođen je tehnologiji utovara i istovara u okruženju (ugljenokop-termoelektrana). Iz ovih razloga proizašlo je rešenje konstrukcije sa specifičnostima u obliku sanduka, nose'oj

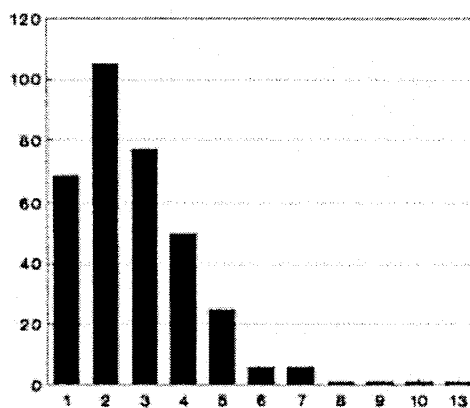
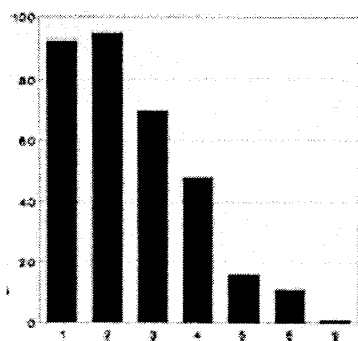
strukturi, mehanizmima za istovar. U podu vagona ugrađena su vrata sa hidro-pneumatskim pogonom što obezbeđuje automatski istovar i nakon toga zatvaranje.

Zbog ovih specifičnosti i rešenje konstrukcije vešajnog sistema, zasnovano na lisnatim gibnjevima, odstupa od standardne konstrukcije. Smanjenje dužine gibnja u odnosu na standardno rešenje prouzrokovalo je povećanje napona, a uz to su i eksploataciona opterećenja intenzivnija u poređenju sa eksploatacijom na jugoslovenskim železnicama.

Nedostaci u navedenom sistemu ogledaju se kroz česte lomove elemenata ogibljenja i pojave naprslina na nosećoj strukturi. Česti lomovi glavnih listova gibnjeva znatno smanjuju efikasnost redovnog transporta uglja. Na osnovu sprovedenih istraživanja utvrđeno je da, pored gornjih napomena, ni kvalitet proizvodnje gibnja nije pouzdan. Sve ovo je uslovalo istraživanja mogućnosti poboljšanja vešajnog sistema ugradnjom elastičnog elementa.

2. EKSPERIMENTALNA I EKSPLOATACIONA IDENTIFIKACIJA RELEVANTNIH PARAMETARA

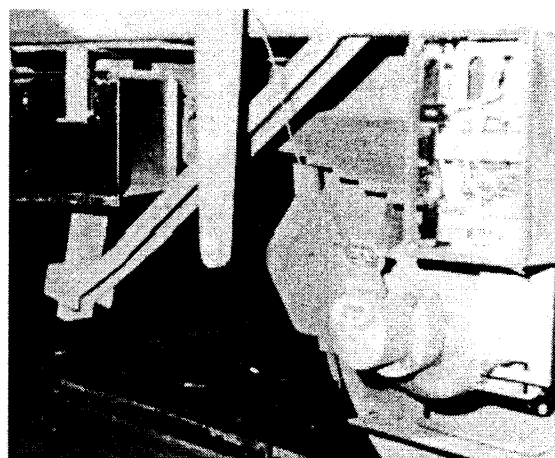
Za rešavanje problema čestih lomova gibnjeva polazna osnova bila je eksperimentalna i eksploataciona identifikacija svih parametara koji utiču na zamor gibnja. Identifikovana eksploatacija voznog parka (ukupno oko 400 vagona) prikazana je ilustrativno na slici 1. Na dijagramima su prikazani lomovi gibnjeva u jednogodišnjim periodima eksploatacije. Upravo



Slika 1. Učestanost lomova glavnih listova gibnjeva

Izvršena eksploataciona ispitivanja imala su za cilj utvrđivanje kvaliteta projektovanih izmena i nalaženje kompromisa između rasterećenja gibnja, veka trajanja elastičnog elementa i dinamičkih karakteristika celog vagona (broj pojava i veličina amplituda napona-pomeranja u funkciji pređenog puta).

Registrowanje karakterističnih dinamičkih pojava uslovalo je projektovanje i izradu specijalnog mernog sistema (Slika 2.). Ovaj merni sistem smešten je u konstrukciju vagona i ima zadatak da u dužem vremenskom periodu registruje broj pojava zadatih amplituda.



Slika 2. Merni sistem za registrowanje broja i veličine pojava amplituda gibnja

3. PROGNOZA ZAMORA GIBNJA

Prikupljeni podaci iz eksploatacije poslužili su za formiranje Smitovog dijagrama i utvrđivanje linija radnog i kritičnog napona gibnja. Ogibljenje Fbd vagona izloženo je tokom eksploatacije dejstvu sila $F=F_p+F_a$. Projektovana srednja vrednost opterećenja iznosi $F_p=92,8$ kN, dok je ispitivanjem utvrđeno da se realne vrednosti (ukupne sile F) kreću i do 50 % preko projektovane, zbog preopterećenja po točku i dinamičkog uticaja u toku kretanja, odnosno uticaj amplitudnog opterećenja F_a je znatan.

Spektar amplitude sile, odnosno napona gibnja, odgovara teškom režimu rada i u određenim granicama je slučajna veličina. Na osnovu karakteristika materijala gibnja (Č.2132) formirana je linija osnovne dinamičke čvrstoće (sl. 3. isprekidana linija), gde su:

$\sigma_r=110 \div 125$ kN/cm² granica razvlačenja,
 $\sigma_{Dn}=60 \div 70$ kN/cm² dinamička čvrstoća pri naizmenično promenljivom opterećenju,
 $\sigma_{Dj}=110$ kN/cm² dinamička čvrstoća pri jednosmerno promenljivom opterećenju.

Ekstremne vrednosti ovih podataka (σ_r, σ_{Dn}) imaju malu verovatnoću pojave, pa su pri daljem radu korišćene srednje vrednosti datih područja.

Kvalitet izrade gibnja, uslovi eksploatacije, ravnomernost utovara su takođe slučajne veličine, čiji je uticaj na lom gibnja uzet kroz korekciju osnovne dinamičke čvrstoće faktorom k_A . Korigujući vrednosti osnovne dinamičke čvrstoće faktorom k_A formirana je linija kritičnog napona gibnja (linija 1).

Izmerena opterećenja, tokom eksploatacije, prouzrokuju pojavu napona na gibnju sledećih intenziteta:

$\sigma_{sr}= 55,38$ kN/cm² srednji dinamički napon u gibnju,

$\sigma_{max}= 88,3$ kN/cm² maksimalni dinamički napon u gibnju.

Promena radnog napona lisnatog gibnja je linearna i u Smitovom dijagramu predstavljena je pravom (linija 2) koja prolazi kroz koordinatni početak i tačku K koja ima koordinate $\sigma_{sr}, \sigma_{max}$. U ovom slučaju linija radnog napona gibnja seče liniju kritičnog napona za izračunate vrednosti.

Iz ovog razmatranja može se zaključiti da

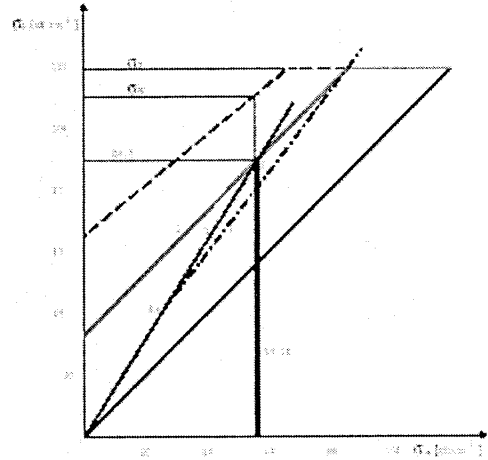
je za postojeće eksploataciono stanje gibnja pojava loma vrlo verovatna i da nastajanje maksimalnih napona najviše utiče na lomove glavnih listova.

Ugradnjom elastičnog elementa u vešajni sistem vagona dolazi do smanjenje amplitude napona, a samim tim i do nove linije radnog napona gibnja, tako da na zamor sada utiču znatno smanjene amplitude napona. Ugao nagiba linije radnog napona gibnja sa elastičnim elementom (linija 3) predstavlja kompromis između rasterećenja gibnja i opterećenja elastičnog elementa. Karakteristike ovakvog vešajnog sistema obezbeđuju trajnu dinamičku čvrstoću gibnja.

Linija 1 - promena kritičnog napona gibnja.

Linija 2 - promena radnog napona gibnja bez elastičnog elementa.

Linija 3 - promena radnog napona gibnja sa elastičnim elementom.



Slika 3. Promena radnog i kritičnog napona gibnja sa i bez elastičnog elementa

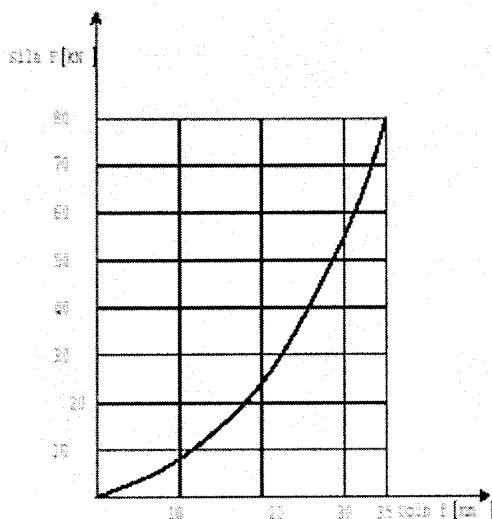
4. IDENTIFIKACIJA U DINAMIČKIM USLOVIMA

Metodologija identifikacije uzroka neželjenih lomova, usmerena je na teorijsko-eksperimentalnu analizu ponašanja vešajnog sistema. Primenjena metodologija, ranije osvojena u eksperimentalnoj analizi dinamike vagona, odnosi se na način merenja, obradu podataka i kriterijume za napone, ubrzanja, mirnoću hoda, stabilnost kretanja i dr. Rezultati ovih istraživanja dati su u Elaboratima [1,2], kao i u radu [3].

Posebna pažnja, pri ovoj analizi, posvećena je izmerenim naponima i ugibima u realnim eksploatacionim uslovima koji su poslužili za prognozu zamora i određivanje linija radnog i kritičnog napona.

Kvalitet izrade gibnja, kvalitet pruge, ravnomernost utovara su slučajne veličine čiji uticaj na lom gibnjeva je uzet kroz korekciju

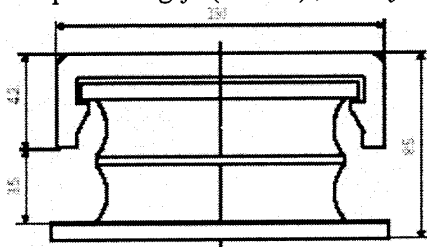
Na osnovu svega iznetog projektovano je takvo poboljšanje vešajnog sistema vagona za prevoz uglja da dinamička čvrstoća uvek bude u granicama trajne dinamičke čvrstoće. Projektovano poboljšanje treba da ima dinamičku krutost koja je prikazana na slici 4.



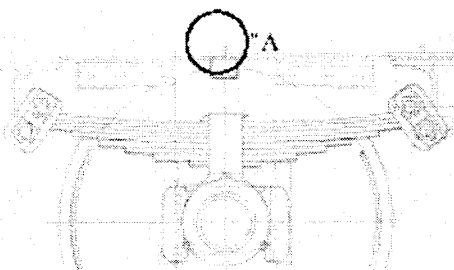
Slika 4. Krutost elastičnog elementa

5. EKSPLOACIONO ISPITIVANJE PROJEKTOVANOG POBOLJŠANJA

Respektujući sveukupno stanje: konstrukcije vagona, vešajnog sistema, kvaliteta gibnja, uticaja koloseka i preopterećenosti vagona, u uslovima intenzivne eksploatacije, projektovano je rešenje gumenog elastičnog elementa (slika 5) koji je ugrađen u vešajni sistem vagona za prevoz uglja (slika 6), detalj "A".



Slika 5. Elastični element



Slika 6. Ogibljenje Fbd vagona

Projektovano rešenje elastičnog elementa zadovoljava sva rasipanja visine strele gibnja koja se u eksploataciji javlja. Osim toga projektovani elastični element zadovoljava i sledeće zahteve:

- ostvaruje elastičnu karakteristiku ogibljenja koja obezbeđuje trajnu dinamičku čvrstoću gibnja,
- obezbeđuje propisane dinamičke karakteristike vagona,
- uklapa se u postojeći vešajni sistem.

Kompromis između rasterećenja gibnja i veka trajanja elastičnog elementa je u fazi ispitivanja i konačni rezultati mogu se videti posle petogodišnjeg ciklusa eksploatacije.

Da bi se ostvario povoljniji rezultat u smislu povećanja veka trajanja gibnja, a i dovoljne zaštite gumenog elastičnog elementa izvršena je ugradnja po datim crtežima, elastičnog elementa koji ima veću nosivost i ranije uključivanje u paralelan rad sa gibnjem, u odnosu na prethodna rešenja. Na ovaj način projektovano rešenje bi trebalo da zadovolji sve specifičnosti i razlike u eksploatacionom ciklusu. Pod eksploatacionim ciklusom podrazumeva se period između dve investicione popravke vagona. U eksploataciona ispitivanja uključeni su elastični elementi više raznih proizvođača, i to: "Vulkan" Niš 8 kom, "Veba" Arandjelovac 40 kom, "Pionir" Indija 40 kom.

Mašinski fakultet Kraljevo je izvršio kontrolu geometrijskih veličina proizvedenih elastičnih elementa. Urađena su ispitivanja statičkih karakteristika elastičnih elementa (zavisnost sile i hoda), rastućom silom $F=0 \div 100$ kN, sa korakom povećanja sile $\Delta F=10$ kN na svim uzorcima.

Na vagonu za prevoz uglja Fbd br. 106, ugrađeni su elastični elementi proizvođača "Vulkan" Niš, a na vagonu br. 226, ugrađeni su elastični elementi proizvođača "Veba" iz Arandjelovca. U toku je praćenje ponašanja vešajnog sistema Fbd vagona sa i bez elastičnih elementima u istim eksploatacionim uslovima, sa ciljem određivanja veka trajanja gibnja i elastičnog elementa. Tokom eksploatacionog praćenja vrši se provera geometrijskih veličina i statičkih karakteristika elastičnih elemenata i gibnja i registrovanje broja pređenih kilometara.

6. ZAKLJUČAK

Izvršena teorijsko-eksperimentalna istraživanja vagona za prevoz uglja, sa i bez projektovanih poboljšanja predstavljaju dragocenu osnovu za nastavak komparativnih istraživanja u uslovima eksploatacije.

U dosadašnjim eksploatacionim istraživanjima vagona sa ugrađenim elastičnim elementima nije došlo do pojava pucanja elemenata vešajnog sistema kao i elastičnih elemenata. Na ovaj način ostvareni su sledeći rezultati:

- statičko opterećenje gibnja smanjeno je za preko 20%,
- dinamičko opterećenje gibnja natovarenog vagona smanjuje se za preko 30%,
- pri pucanju glavnog lista gibnja u vratu, ležište osovine ne ostaje neopterećeno, čime se smanjuje verovatnoća iskliznuća praznog vagona,
- neuparivanje gibnjeva na istoj osovini ne utiče na dinamiku loma gibnja,
- primena elastičnih elemenata ne utiče na primenu gibnjeva sa zavarenim glavnim listom,
- ovo rešenje je moguće primeniti i na druge slične konstrukcije teške mašinogradnje.

Prikupljeni dinamički parametri, pri dovoljno velikom broju pređenih kilometara, podvrgavaju se razvijenoj metodologiji prognoze zamora pri čemu se određuje vek trajanja i kvalitet projektovanih poboljšanja, odnosno potvrđuje ispravnost sprovedene analize.

Pored ovog poboljšanja intenzivno se razmatraju i druga rešenja koja bi doprinela efikasnijem transportu uglja.

7. LITERATURA

- [1] R. Rakanović i dr. "Identifikacija uzroka lomova glavnih listova gibnjeva na Fbd vagonu", Elaborat br. 67/83, OC FVK, Kraljevo, 1983.
- [2] R. Rakanović i dr. "Uporedno ispitivanje ogibljenja Fbd kola", Elaborat br. 78/85, OCFVK, Kraljevo, 1983.
- [3] R. Rakanović, A. Babić, T. Simović, "Razvoj novih metodologija ispitivanja teretnih kola" Železnice br2-3, Beograd 1987.
- [4] R. Rakanović, A. Babić, D. Petrović, "Racionalizacija tehnologije transporta uglja u termoenergetskim postrojenjima", Elaborat br. 1/94, Mašinski fakultet Kraljevo, februar 1994.

REZIME:

U radu je prikazan način istraživanja i rezultati poboljšanja vešajnog sistema ugradnjom elastičnog elementa u Fbd kola. Primenom razvijenih teorijsko-eksperimentalnih metodologija sačinjen je program istraživanja, kojim je izvršena identifikacija dinamičkog ponašanja vagona na osnovu čega je projektovano više varijanti elastičnih elemenata. Komparativna ispitivanja izvršena su u uslovima eksploatacije. Eksploataciona ispitivanja odabrane varijante su u toku na nekoliko vagona. Do sada dobijeni rezultati su odlični, sprečen je lom gibnjeva ugradnjom elastičnog elementa.

KLJUČNE REČI: vagon Fbd, vešajni sistem, elastični element, eksperiment.

ELASTIC ELEMENT IN THE FUNCTION OF IMPROVEMENT OF SUSPENSION SYSTEM ON Fbd WAGGON

ABSTRACT:

This paper presents the method of research and results of improvement of suspension system by inserting of elastic element in Fbd waggon. Developed theoretical and experimental methodologies have been used for creation of research programme which has identified dynamic behaviour of the waggon, on the basis of which several variants of elastic elements have been designed. Comparative examinations have been realized in exploitation conditions. Exploitation examinations of the chosen variant are being realized on several waggons. Results are extraordinary, failure of springs has been prevented by inserting the elastic element.

KEY WORDS: Fbd waggon, suspension system, elastic element, experiment.