

BRZINA HABANJA TOČKOVA VUČNIH VOZILA JP „ŽELEZNICE SRBIJE“

Dr Dušan Milutinović, dipl. inž.
Saobraćajni institut CIP, Beograd

Prof. dr Relja Jovanović, dipl. inž.
Saobraćajni institut CIP, Beograd

Za potrebe Javnog preduzeća „Železnice Srbije“ u toku je rad na realizaciji projekta čiji su osnovni ciljevi utvrđivanje uzroka ubrzanog habanja točkova vozničkih sredstava i definisanje mogućnosti poboljšanja stanja. Na osnovu rezultata istraživanja u prvoj fazi projekta u ovom radu su analizirane brzine habanja točkova vučnih vozila JP „Železnice Srbije“. Za analizu su korišćeni podaci o pređenim putevima između dva uzastopna reprofiliisanja točkova. Dobijeni rezultati, koji pokazuju velike brzine habanja točkova vučnih vozila i vrlo veliko rasipanje analiziranih vrednosti pređenog puta između dva reprofiliisanja točkova, potvrđuju potrebu za realizacijom druge faze projekta u cilju utvrđivanja uzroka pojave velikih brzina habanja točkova.

Ključne reči: železničko vozilo, vučno vozilo, točak, brzina habanja

WEAR SPEED OF THE TRACTION VEHICLE'S WHEELS ON THE SERBIAN RAILWAYS

This paper presents the ongoing project created as a request of Serbian Railway company. The goal of the project is to determine the cause of the wearing of the traction vehicles' wheels and to define the possibilities for improvement. Based on the research results obtained in the first phase of the project this paper analyzes the wear speed of the traction vehicles' wheels on the Serbian railways. The analysis used the data about the running distance between the two consecutive reprofiling of the wheels. The obtained results (which show high wear speed and very large dispersion of the analyzed values of the running distance between two reprofiling of the wheels) confirm the need to proceed to the second phase of the project in order to determine the cause of the high wear speed of the wheels.

Keywords: railway vehicle, traction vehicle, wheel, wear speed

UVOD

Habanje točka i šine je posledica njihovog složenog dinamičkog odnosa pri kretanju železničkog vozila po koloseku uz veće ili manje proklizavanje točkova. Analiza procesa habanja šina i točkova bitna je iz bezbednosnih i ekonomskih razloga. Najznačajniji uticaji na brzinu habanja najčešće se svrstavaju u nekoliko grupa [1, 2];

- materijali točka i šine,
- geometrija dodira točak-šina,
- odstupanja u izradi i montaži,
- uslovi eksploatacije,
- konstrukcije osobine vozila koje utiču na njegovu dinamiku kretanja i
- geometrija koloseka.

Kao što je poznato, u cilju utvrđivanja pohabivosti točkova u eksploataciji mere se:

- visina venca (V_v), koja predstavlja meru habanja površine kotrljanja i ne sme biti veća od 36 mm zbog opasnosti od udara venca točka o dno kanala skretnica;

- debljina venca (D_v), koja predstavlja meru habanja venca, meri se na visini od 10 mm iznad srednjeg kruga kotrljanja i koja, zbog opasnosti od loma venca točka i povećanja rizika od iskliznuća vozila na skretnicama, ne sme biti manja od 22 mm kod vučenih i 25 mm kod vučnih vozila.
- q_r mera, koja, takođe, predstavlja meru habanja venca, ali je, pre svega, pokazatelj opasnosti od penjanja točka na jezičak skretnice, odnosno opasnosti od pojave iskliznuća, i koja ima nominalnu vrednost 10,8 mm, ali ne sme da bude manja od 6,5 mm.

Međutim, merenjem navedenih pokazatelja pohabanosti točka može se odrediti trenutak neophodnog upućivanja točkova na mašinsku obradu radi reprofiliisanja, ali se ne može steći prava slika o uticaju promene brojnih faktora na habanje. Zbog toga se u praćenju eksploatacije točkova koriste pokazatelji brzine habanja, koji uzimaju u obzir i pređeni put kao parametar. Najčešće korišćeni, najjednostavniji i najpraktičniji eksploatacijski pokazatelj brzine habanja točkova železničkih vozila je pređeni put između dva uzastopna profilisanja točka, s tim što se pod reprofiliisanjem podrazumeva i zamena bandaža ili monoblok točka.

U ovom radu je brzina habanja točkova vučnih vozila JP „Železnice Srbije“ (ŽS) analizirana korišćenjem podataka o pređenom putu između dva reprofiliisanja kao pokazatelja brzine habanja. Podaci su dobijeni u okviru prve faze rada na projektu „Uzroci ubrzanog trošenja šinskih vozila JP „Železnice Srbije“ i mogućnosti poboljšanja stanja“ [3], koja je nedavno završena, a u okviru koje su analizirani brojni uticajni faktori na habanje točkova i šina i sadašnje stanje u toj oblasti na našoj železnici. Utvrđene velike vrednosti habanja i točkova i šina pokazuju da se s pravom problem povećanih brzina habanja postavlja u prvi plan, pa bi rezultati rada na projektu u drugoj fazi trebalo da ukažu i na mogućnosti značajnijeg poboljšanja stanja. Nerešavanje postavljenog problema bitno utiče na komfor vožnje i bezbednost, ali i na nivo zagađenosti okoline od železnice.

HABANJE TOČKOVA VUČNIH VOZILA JP „ŽELEZNICE SRBIJE“

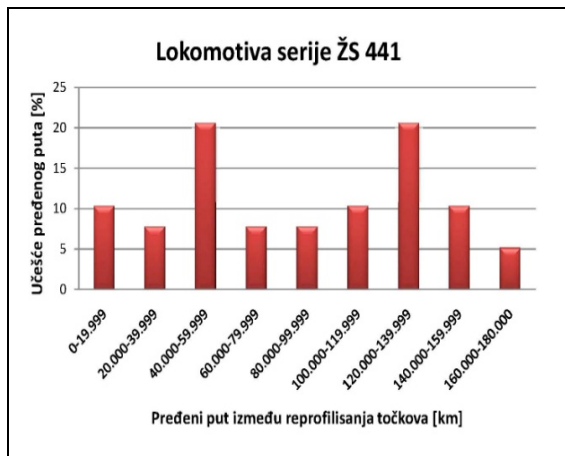
U cilju dobijanja podataka o brzinama habanja točkova vučnih vozila JP „Železnice Srbije“ u eksploataciji su prikupljani podaci za reprezentativni skup osnovnih serija vučnih vozila u različitim periodima eksploatacije. Podaci su dobijani iz odgovarajućih depoa za održavanje i

uglavnom su to bili: pređeni put između dva uzastopna reprofiliisanja ili između reprofiliisanja i zamene monoblok točka ili bandaža i podatak o uzroku slanja vozila na reprofiliisanje točkova (uglavnom utvrđene nedozvoljene dimenzije: V_v , D_v , q_r ili ravna mesta na površini kotrljanja).

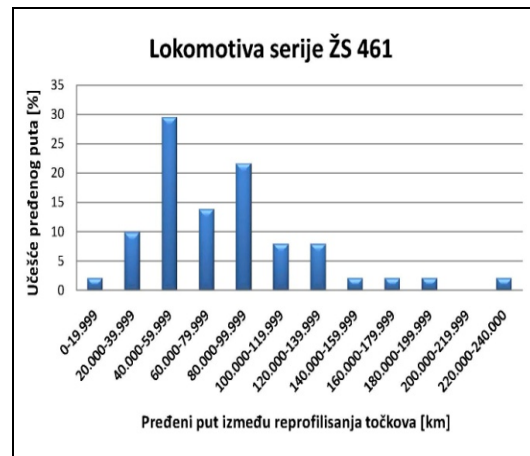
Podaci o pređenom putu između dva reprofiliisanja točkova vučnih vozila korišćeni su za formiranje histograma raspodele njihovog učešća u ukupnom broju utvrđenih brzina habanja u posmatranom periodu. Svaki podatak o pređenom putu između dva reprofiliisanja korišćen je kao podatak o brzini habanja točkova posmatranog vozila. Zbog nedovoljnog broja podataka za tačnije statističke analize, raspodele brzine habanja su prikazane samo kao histogrami, odnosno nisu rađeni proračuni u cilju utvrđivanja teorijskih raspodela u obliku funkcije gustine raspodele. Ipak, i tako dobijeni histogrami omogućili su analizu podataka dobijenih u eksploataciji i izvođenje zaključaka o dijapazonu i karakteru promene i rasipanju vrednosti za svako od analiziranih vučnih vozila.

U skladu sa prethodnim, na sl. 1 prikazan je histogram raspodele pređenih puteva između reprofiliisanja točkova za **elektrolokomotive serije ŽS 441**, na kome su na horizontalnoj osi dati intervali raspodele pređenih puteva između dva reprofiliisanja, a na vertikalnoj odgovarajuća procentualna učešća svakog od navedenih intervala. Ovde treba napomenuti da korišćeni podaci nisu sagledavani sa aspekta eksploatacije, odnosno detaljnijih uslova korišćenja vozila (učešće pojedinih pruga i sastav vozova).

Sa histograma na sl. 1, koji je formiran na osnovu podataka za elektrolokomotive serije ŽS 441 remontovane u firmama „Relok“ – Rumunija i MIN – Niš i period eksploatacije od 2.11.2000. do 31.7.2007. godine, vidi se, pre svega, vrlo veliko rasipanje vrednosti pređenog puta između reprofiliisanja i to od minimalne vrednosti od 12.000 km do maksimalne od čak 176.000 km. Uočavaju se i dva maksimuma, koji su posledica dve značajno različite grupe eksploatacijskih uslova: kretanje na ravničarskim prugama bez mnogo krivina sa srednjom vrednošću pređenog puta između reprofiliisanja od oko 130.000 km i procentualnim učešćem od 21% i kretanje na brdskim prugama sa većim brojem krivina i srednjim pređenim putem između reprofiliisanja od oko 50.000 km (procentualno učešće je takođe 21%). Srednja vrednost za kompletnu raspodelu je 84.739 km.



Sl. 1 Histogram raspodele pređenih puteva između dva reprofilsanja za elektrolokomotivu serije ŽS 441



Sl. 2 Histogram raspodele pređenih puteva između dva reprofilsanja za elektrolokomotivu serije ŽS 461

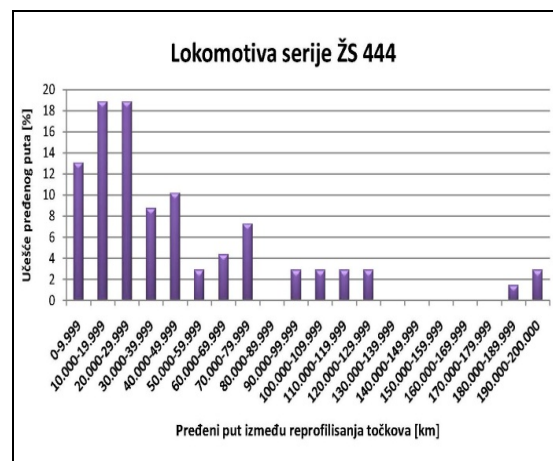
Karakteristični primeri, koji potvrđuju prethodno, su [3]:

- Elektrolokomotiva 441-518 ima srednji pređeni put 47.000 km između reprofilsanja točkova, pošto je do prvog reprofilsanja točkova (uzrok je D_v ispod dozvoljene vrednosti) prešla 54.000 km, a na drugo reprofilsanje je poslata posle 40.000 km (uzrok takođe D_v i q_r). Sve vreme ta lokomotiva je eksploatisana na prugama u području Niša ka Preševu.
- Elektrolokomotiva 441-009 ima srednji pređeni put 89.500 km između reprofilsanja točkova, pošto je prvo reprofilsanje imala nakon 66.000 km, drugo 106.000 km nakon prvog i treće 120.000 km nakon drugog. Očigledna je eksploatacija ove lokomotive u povoljnijim uslovima u odnosu na lokomotivu 441-518, pošto su točkovi obe lokomotive bili istog kvaliteta, geometrija obrtnih postolja slična, a nakon reprofilsanja opada brzina habanja točkova, bez obzira na to što se pri tom smanjuje njihova tvrdoća.

Histogram raspodele pređenog puta između dva uzastopna reprofilsanja točkova za **elektrolokomotivu serije ŽS 461** prikazan je na sl. 2. Srednja vrednost raspodele, u posmatranom periodu od 8.8.2000. do 28.7.2007. godine, je 78.394 km, što je vrlo slično vrednosti dobijenoj za elektrolokomotivu serije ŽS 441. I ovaj histogram pokazuje veliko rasipanje dobijenih vrednosti pređenog puta između reprofilsanja (od 10.000 do 231.000 km) i dva maksimuma – na oko 50.000 km (učešće 29%) i 90.000 km (učešće 22%).

Objašnjenje za pomeranje vrednosti višeg maksimuma histograma u oblast nižih vrednosti, u odnosu na lokomotivu 441, može biti uticaj konstrukcije lokomotive 461 sa dva troosovinska obrtna postolja. Naime, poznato je da takav koncept vučnog vozila sa tri osovine u obrtnom postolju utiče na povećano habanje točkova u uslovima kretanja na prugama sa puno krivina manjeg poluprečnika. To je posebno izraženo pri vožnjama brzinama znatno nižim od optimalnih, što je dokazano ispitivanjima [4].

Primer lokomotive serije 461 sa kombinovanim relativno velikim i malim habanjem je lokomotiva 461-106, koja je do zamene bandaža imala četiri reprofilsanja točkova, a pređeni putevi između reprofilsanja su bili: 45.000 km, 40.000 km, 130.000 km i 90.000 km. I ovde su, najverovatnije, uslovi eksploatacije uticali na veliko rasipanje veličine pređenog puta između reprofilsanja točkova.



Sl. 3 Histogram raspodele pređenih puteva između dva reprofilsanja za elektrolokomotivu serije ŽS 444

Elektrolokomotive serije ŽS 444, kao jedine suštinski modernizovane lokomotive u inventarskom parku naše železnice, posebno su praćene u okviru sprovedenih analiza pređenog puta između dva reprofiliisanja točkova. S obzirom na dobijene rezultate to se pokazalo kao ispravno. Na sl. 3 prikazan je histogram raspodele pređenih puteva između reprofiliisanja za lokomotive serije 444.

Iz histograma se vidi da on ima čak, tri različito izražena maksimuma: prvi izraženiji na oko 20.000 km sa 19% učešća, drugi, manje uočljiv na oko 70.000 km sa oko 7% učešća i treći, koji se može pretpostaviti na oko 110.000 km, što znači da su elektrolokomotive serije ŽS 444 u posmatranom periodu od 6.7.2004. do 13.5.2008. godine uglavnom korišćene u težim uslovima eksploatacije, odnosno na prugama sa brojnim suženjima, koja, posebno zbog q_r mere, vode ove lokomotive često reprofiliisanje točkova.

Visoke vrednosti habanja točkova elektrolokomotiva serije 444, u odnosu na ostale elektrolokomotive, pokazuje koliko je mali uticaj dinamičkog sklopa lokomotive na veličinu habanja točkova, odnosno koliko je veliki uticaj koloseka u njegovoj makro i mikro strukturi. Naime, srednja vrednost pređenog puta između dva uzastopna reprofiliisanja za lokomotivu serije 444 je 47.250 km, što je skoro dva puta manje od srednje vrednosti za lokomotivu serije 441. Teško je pretpostaviti da je to posledica uticaja vozila, s obzirom da su lokomotive 444 ušle u eksploataciju kao tek modernizovane sa remontovanim trčecim strojem. To potvrđuju i ispitivanja dinamičkog ponašanja prototipa tih lokomotiva, koja pokazuju vrlo male nivoe vertikalnih i bočnih ubrzanja lokomotive 444 u odnosu na neremontovane lokomotive 441 pre modernizacije.

Analizom uslova eksploatacije i podataka o ukupnom pređenom putu i putu između reprofiliisanja točkova lokomotiva 444 po domicilima mogu se utvrditi tri grupe elektrolokomotiva serije 444:

- I grupa - lokomotive iz domicila: Beograd (deo lokomotiva korišćenih na prugama Beograd-Požarevac i Beograd-Niš), Niš, Požarevac i Lapovo,
- II grupa - lokomotive iz domicila: Subotica, Novi Sad i Ruma,
- III grupa - lokomotive iz domicila: Beograd, Lajkovac i Užice.

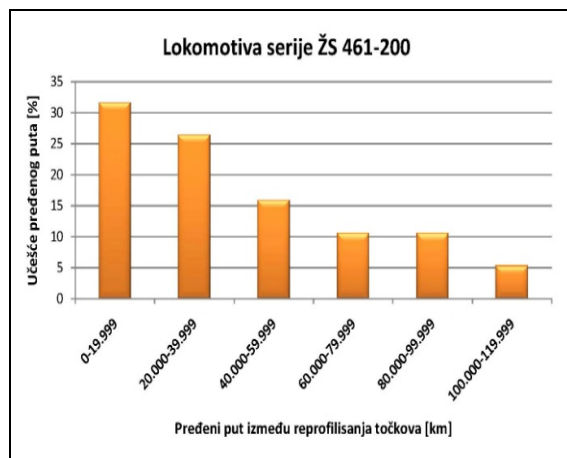
Prva grupa lokomotiva 444 je bila u uslovno nazvanim teškim uslovima eksploatacije u odnosu na habanje točkova, pa je prosečan pređeni put lokomotiva između dva uzastopna reprofiliisanja točkova bio samo 40.493 km. Težinu eksploatacije je, uglavnom, diktirala geometrija koloseka, koja još od 1975. godine značajno odstupa, u B i C kvalitativnim ocenama, od UIC normi [5, 6]. Teški eksploatacijski uslovi su potvrđeni analizom snimljenih dijagrama karakteristika geometrije koloseka na većem delu mreže pruga ŽS u periodu od 1994. do 2007. godine [3].

Znatno lakši eksploatacijski uslovi su bili za II grupu lokomotiva 444 iz domicilnih sekcija vuče Subotica, Novi Sad i Ruma. Zahvaljujući kretanju po relativno pravim prugama i kvalitetnijim kolossecima te lokomotive, u periodu od uvođenja u saobraćaj do 13.8.2007. godine, nisu išle na obradu točkova u cilju reprofiliisanja, iako su do tada prešle prosečno po čak 216.461 km, što je 5,35 puta više od srednjeg pređenog puta između reprofiliisanja točkova lokomotiva I grupe u tzv. teškim uslovima eksploatacije.

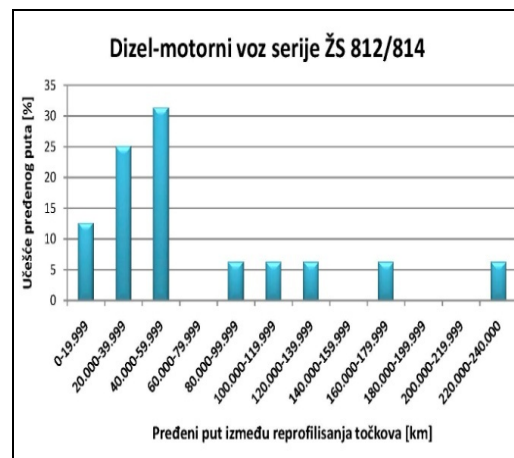
III grupa lokomotiva serije 444 iz domicilnih sekcija vuče Beograd, Lajkovac i Užice eksploatisana je u uslovima koji se mogu oceniti kao srednje teški, pa je i dobijena vrednost srednjeg pređenog puta između 2 reprofiliisanja od 109.147 km u skladu sa tom ocenom. Na smanjenje težine eksploatacionih uslova na tim prugama utiče i relativno retko kretanje vozova brzinama manjim od 30-40 km/h.

Sve u svemu, prethodno dati rezultati analize eksploatacije lokomotiva iz različitih domicilnih sekcija sa velikom verovatnoćom potvrđuju zaključak o vrlo velikom uticaju eksploatacijskih uslova, koji potiču od pruge, na brzinu habanja točkova i, svakako, o potrebi za brzom analizom stanja kvaliteta koloseka i popravkom deonica koje ne zadovoljavaju propisane zahteve. Globalno gledano, potrebna sanacija pruga zahteva velika finansijska sredstva, pošto remontu pruge na nekim deonicama nisu rađeni decenijama.

Modernizovane **elektrolokomotive podserije ŽS 461-200** su korišćene u zoni vuče Beograda, ka Radincu, Nišu, Lajkovcu i Požarevcu i zbog toga su i one bile u tzv. teškim uslovima eksploatacije na prugama sa mnogo suženja [3]. Srednja vrednost pređenog puta između reprofiliisanja točkova za te lokomotive bila je 39.384 km sa minimalnom vrednošću od



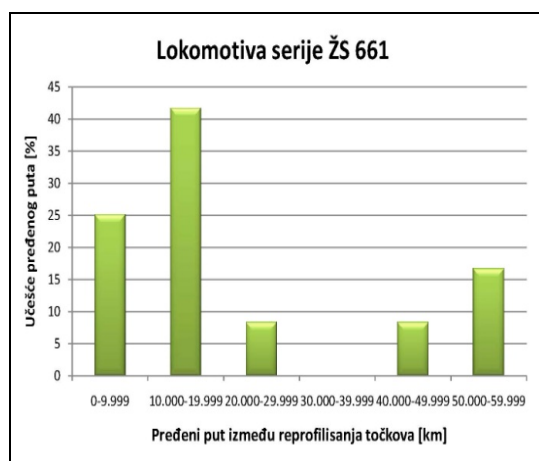
Sl. 4 Histogram raspodele pređenih puteva između dva reprofilisanja za elektrolokomotivu podserije ŽS 461-200



Sl. 6 Histogram raspodele pređenih puteva između dva reprofilisanja za dizel-motorni voz serije ŽS 812/814

2.320 km i maksimalnom od 104.120 km (raspodela je prikazana na sl. 4).

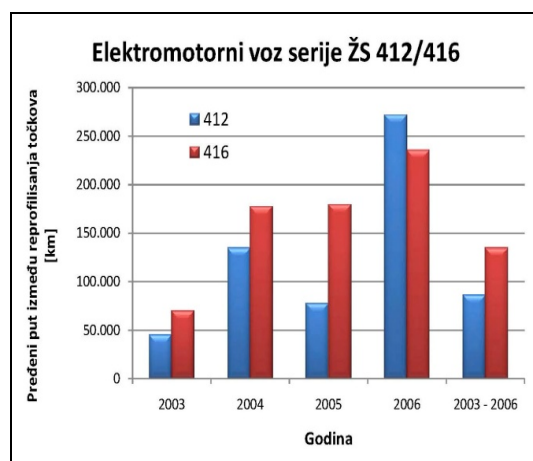
Na sl. 5 prikazana je raspodela pređenih puteva između dva uzastopna reprofilisanja točkova **dizel-električnih lokomotiva serije ŽS 661**. Te lokomotive na prugama „Železnica Srbije“ obavljaju veliki rad, ali do sada (posmatrani period je od 2005. do 2007. godine) je to bilo uglavnom na pruzi Niš-Dimitrovgrad. Bez obzira na mali analizirani broj lokomotiva, na histogramu se uočavaju maksimumi učešća na oko 15.000 km i oko 55.000 km pređenog puta između reprofilisanja točkova, što pokazuje učešće dva nivoa težine uslova eksploatacije, i manji dijapazon promene pređenog puta između reprofilisanja od 5.900 km do 56.000 km. Detaljnija analiza eksploatacije ovih lokomotiva pokazuje negativni uticaj brojnih nedozvoljenih suženja na pruzi Niš-Dimitrovgrad i ubrzanu promenu q_r mere.



Sl. 5 Histogram raspodele pređenih puteva između dva reprofilisanja za dizel-električnu lokomotivu serije ŽS 661

Samo 6 posmatranih vozova i ukupno 16 podataka o pređenim putevima između reprofilisanja točkova za **dizel-motorne vozove serije ŽS 812/814** svakako nije dovoljno za ocenu brzine habanja točkova. Ipak, i na osnovu tako skromnog skupa podataka formiran je histogram na sl. 6, koji, kao i za ostala vučna vozila, pokazuje veliko rasipanje dobijenih vrednosti pređenog puta i maksimum učešća puteva od oko 50.000 km između 2 uzastopna reprofilisanja točkova.

Za **elektromotorne vozove serije ŽS 412/416** nisu dobijeni podaci o pređenim putevima između reprofilisanja točkova, pa su oni izračunati (kao prosečni godišnji) za period 2003.-2006. godina na osnovu ukupnog godišnjeg pređenog puta u kilometrima i broja odlazaka voznih jedinica na reprofilisanje točkova u toku godine. Izračunati podaci, koji predstavljaju srednje vrednosti na godišnjem nivou prikazani su na sl. 7 posebno za svaku voznu jedinicu (dvodelne sekcije oznake 412 i 416).



Sl. 7 Prosečni godišnje pređeni putevi između reprofilisanja točkova voznih jedinica elektromotornog voza serije ŽS 412/416

Na slici se vidi stalni porast pređenog puta između dva reprofiliisanja točkova elektromotornih vozova serije ŽS 412/416, odnosno smanjenje brzine habanja točkova. Taj pozitivni trend, u posmatranom periodu 2003.-2006., godina je posledica promene uslova eksploatacije u smislu prelaska korišćenja vozova na, uslovno rečeno lakše, odnosno skoro isključivo gradske uslove eksploatacije (pruge beogradskog „Beovoza“), uz eventualno: pozitivni uticaj boljeg održavanja, poboljšanja dinamike vozila i povećanja tvrdoće obruča točkova. U svakom slučaju, ovaj primer elektromotornog voza 412/416 potvrđuje mogućnosti smanjenja brzine habanja točkova promenom uslova eksploatacije, pa i onih koji potiču od kvaliteta koloseka, što će biti jedan od najznačajnijih ciljeva II faze realizacije projekta [3].

ZAKLJUČCI

Na osnovu sprovedenih analiza relativno malog obima podataka o pređenim putevima između dva uzastopna reprofiliisanja točkova vučnih vozila JP „Železnice Srbije“ mogu se izvući sledeći zaključci o brzini habanja točkova:

1. Na osnovu svih analiziranih podataka o pređenim putevima između reprofiliisanja točkova vučnih vozila ŽS može se izvući opšti zaključak o visokim brzinama habanja točkova, odnosno o brzinama koje zahtevaju hitne intervencije na vozilima i koloseku.
2. Rasipanja vrednosti pređenih puteva između dva reprofiliisanja točkova su velika i nalaze se u dijapazonu od minimum čak 1.890 km do preko 230.000 km. Na veliko rasipanje utiču, svakako, svi uticajni faktori navedeni u uvodu ovog rada, ali posebno uslovi eksploatacije vozila kao makro (usponi, padovi i krivine) i mikro (kvalitet) geometrija koloseka i konstrukcione karakteristike vozila koje utiču na njegovu dinamiku kretanja. Na osnovu uočenih maksimuma na datim dijagramima, koji definišu različite uslove eksploatacije može se sa velikom sigurnošću pretpostaviti da je uticaj uslova eksploatacije na brzinu habanja točkova dominantan. Jedna od potvrda prethodne pretpostavke je i dijagram na sl. 3, koji najbolje pokazuje uticaj uslova eksploatacije na brzinu habanja točkova lokomotiva serije

444, dok će konačna potvrda biti dobijena realizacijom odgovarajućih ispitivanja u II fazi realizacije projekta [3].

3. Rezultati analize brzina habanja točkova vučnih vozila ŽS pokazuju neophodnost nastavka istraživanja i utvrđivanja uzroka brzog habanja u II fazi realizacije projekta [3]. Krajnji rezultati bi trebalo da budu značajno smanjenje brzine habanja točkova na našim prugama i smanjenje odgovarajućih troškova neposredno i posredno vezanih za veliku brzinu habanja točkova, odnosno povećanje ekonomičnosti poslovanja JP „Železnice Srbije“.

LITERATURA

- /1/ Simić G.: Istraživanje realne geometrije dodira točak-šina i njenog uticaja na kretanje šinskih vozila i na habanje sistema točak-šina (doktorska disertacija), Mašinski fakultet, Beograd, 1997.
- /2/ Milutinović D., Simić G.: Opterećenje i proračun točkova železničkih vozila, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, 2006.
- /3/ Jovanović R. i dr.: Studija „Uzroci ubrzanog trošenja točkova šinskih vozila JP „Železnice Srbije“ i mogućnosti poboljšanja stanja (I faza)“, Saobraćajni institut CIP, Beograd, 2008.
- /4/ Stanje odnosa šina-točak na JŽ sa predlozima rešenja, knjiga 4, Železnički institut, Beograd, 1982.
- /5/ Jovanović R., Milić M., Radosavljević A., Mirković S.: Mogući uticaji tolerantnog stanja geometrijsko-dinamičkih osobina kolosijeka na kvalitet interoperabilnosti željezničke infrastrukture, 3. International scientific and expert railway infrastructure manager congress RIMC 07, Rogaška Slatina, Slovenija, 5. i 6. novembar 2007.
- /6/ Vasiljević M., Jovanović R., Milutinović D.: Metoda ocene geometrije koloseka i bezbednost u železničkom saobraćaju, II međunarodni naučno-stručni skup „Mjesto i uloga lokalne zajednice u bezbjednosti saobraćaja“, Saobraćajni fakultet, Doboj, 16. i 17. maj 2008.