

SISTEMI ZA PRAĆENJE STANJA VOZNIH SREDSTAVA PORED PRUGE

Dr Aleksandar Radosavljević, dipl. inž.
Saobraćajni institut CIP, Beograd

Života Đorđević, dipl. inž.
J. P. „Železnice Srbije“, Beograd

Simo Mirković, dipl. inž.
Saobraćajni institut CIP, Beograd

U radu je prikazan broj i struktura vanrednih događaja na prugama Železnica Srbije u 2005. i 2006.god., kao i način nastajanja ravnih mesta na površini kotrljanja točka. Dat je pregled nekih savremenih sistema za dinamičku kontrolu tehničkog stanja vozni sredstava koji bi se mogli primeniti u praksi na Železnicama Srbije.

Ključne reči: železnica, vozna sredstva, točak, pregrejani ležaj, osovina

WAYSIDE ROLLING STOCK CONDITION MONITORING SYSTEMS

The paper shows recent numbers and structure of extraordinary events on Serbian Railways as well as the way for flat spots at the wheel rolling surface arising. Review of some modern systems for dynamic wayside rolling stock condition monitoring interesting for application on Serbian Railways are also given.

Key words: railway, rolling stock, wheel, hot bearing, axle

BROJ I STRUKTURA VANREDNIH DOGAĐAJA NA ŽELEZNICI

Svaki rad, koji ima za cilj da svojim saznanjima doprinese podizanju nivoa bezbednosti u železničkom saobraćaju, treba da ima za cilj da za obavljen određeni obim prevoza putnika i roba, optereti jedinicu prihoda sa što manjom društvenom štetom od vanrednih događaja (naročito udesa) učinjenih pri osnovnoj delatnosti železnice.

Pod društvenom štetom se podrazumeva direktna šteta evidentirana pri samom događaju sabrana sa svim posledičnim štetama (vezano za usmrćena i povređena lica, štete po procesima sa porodicama oštećenih, štete po

privredu vezane za udes, društveno-politička šteta koja se zemlji imaocu štete stvara, šteta zbog izgubljenog radnog vremena,...).

S obzirom da je obračun indirektnih šteta veoma složen i u literaturi nedovoljno eksplicitno dat, smatra se da je u razvijenom svetu ona 5-8 puta veća od štete koja se pri udesu izračuna kao direktna šteta [1].

Vanredni događaj (tabela 1) na železnici naziva se takav slučaj smetnje koji otežava ili onemogućava saobraćaj vozova, ugrožava živote lica i nanosi materijalnu štetu imovini železnice, robe koja se prevozi te ostalih stvari i imovine koji budu ugroženi događajem.

Prema uzrocima i posledicama (veličina posledica) koji su ih uzrokovali, vanredni događaji se dele na: udes (tabela 2), nezgode (tabela 3) i elementarne nepogode.

Sa stanovišta delovanja opreme za detekciju tovarnog profila, za detekciju ravnih mesta na

točkovima, za detekciju zagrejanosti osovinskih ležišta i prekoračenja mase po osovini najinteresantniji su iskliznuća kola i iskliznuća vozila pri manevri.

Vrsta vanrednog događaja	I–XII 2005.	I–XII 2006.
Udesi	21	33
Nezgode	435	447
Udesi i nezgode na putnim prelazima i van njih	198	209
Ukupno	654	689

Tabela 1. Broj vanrednih događaja

Vrsta udesa	I–XII 2005.	I–XII 2006.
Sudar vozova	1	1
Nalet voza	1	2
Iskliznuće kola	16	26
Požar i eksplozija	-	1
Iskliznuće i nalet vozila pri manevri	-	-
Sudar, nalet i iskliznuće pružnih vozila	2	3
Ostali udesi	1	-
Ukupno	21	33

Tabela 2. Broj udesa

Vrsta nezgoda	I–XII 2005.	I–XII 2006.
Izbegnut sudar vozova	7	4
Izbegnut nalet voza	2	6
Prolaz voza pored signala koji zabranjuje dalju vožnju	15	12
Iskliznuće i nalet vozila pri manevrisanju	76	83
Požar i eksplozija	25	42
Sudar i nalet pružnih vozila	-	-
Ostale nezgode	310	300
Ukupno	435	447

Tabela 3. Broj nezgoda

Neke analize vanrednih događaja u železničkom saobraćaju pokazuju da je oko 60% vanrednih događaja prouzrokovano pojavom tehničkih neispravnosti delova železničkih sistema, a oko 40% su posledice propusta radnika koji rade u operativi ili na održavanju.

Modernizacijom železničkih sredstava postiže se sve veći stepen automatizacije čime se smanjuje učešće ljudi u realizaciji saobraćaja, te time i opada uticaj ljudskog faktora na broj vanrednih događaja. U svetu su prisutne

namere da se uticaj ljudskog faktora na pojavu vanrednih događaja svede na minimum, a to je nemoguće bez uvođenja savremenih sistema za kontrolu saobraćaja i dijagnostiku tehničkog stanja vozničkih sredstava. S druge strane i u sistemu održavanja železničkih vozila važi maksima "bolje sprečiti nego lečiti". Sa aspekta pouzdanosti železničkih vozila i bezbednosti železničkog saobraćaja najodgovorniji sklopovi, pored sistema kočnica, su osovinski sklopovi, a posebno točkovi od čijeg lošeg tehničkog stanja pretil opasnost od iskliznuća vozila sa šina. Zbog toga je rano otkrivanje defekata točkova, odnosno uvođenje sistema za njihovu detekciju još u toku vožnje višestruko isplativo.

Iz dostupnih podataka nije uvek moguće jasno izdvojiti uzrok iskliznuća za većinu slučajeva, ali svakako da bi većina tehničkih nedostataka na vozilima, na ovaj ili onaj način, bila u nekom trenutku otkrivena ako bi na odgovarajućim lokacijama postojao određen broj mernih stanica za praćenje tehničkog stanja vozila prilikom obavljanja redovnog saobraćaja.

Smanjivanjem učešća tehnički neispravnih kola u procesu ranžiranja obezbedila bi se i veća odgovornost pri sprovođenju ranžiranja, a takođe bi se i nametnula jasna obaveza u pogledu održavanja koloseka, skretnica i svih drugih pratećih elemenata u ranžirnim stanicama, jer bi značajno bila smanjena mogućnost za prihvatanje opisa uzroka iskliznuća kao što su "viša sila", "sklop tehničkih okolnosti" i sl.

OŠTEĆENJA NASTALA NA POVRŠINI KRUGA KOTRLJANJA TOČKOVA KOLA

Sektor za tehničko-kolske poslove JP „Železnice Srbije“ je obaveštavan o oštećenjima kola na površini kruga kotrljanja točkova putem telegrama, saopštenja i mesečnih izveštaja šefova Sekcija /Organizacionih jedinica za tehničko-kolske poslove. U periodu od 01.01. do 31.12.2006.g. ukupno je bilo 365 isključenih kola (tabela 4) iz saobraćaja vezanih za problematiku oštećenja nastalih na površini kruga kotrljanja točka.

Red broj	Oštećenja kola na površini kruga kotrljanja točkova	mesec												Ukupno
		jan.	feb.	mart	april	maj	jun	jul	avg.	sep.	okto.	nov.	dec.	
		%												
1	Ravne površine	18	29	14	22	20	17	7	16	4	9	21	2	179
		10,05	16,2	7,82	12,29	11,17	9,49	3,91	8,93	2,23	5,02	11,73	1,11	100
2	Ravne površine i nalepnice	1	4	2	4	6	2	2	1	5	6	0	0	33
		3,03	12,1	6,06	12,12	18,18	6,06	6,06	3,03	15,15	18,18	0	0	100
3	Nalepnice	6	4	4	6	9	5	5	12	0	6	4	5	66
		9,09	6,06	6,06	9,09	13,63	7,57	7,57	18,18	0,00	9,09	6,06	7,57	100
4	Rupičavost i ravne površine	3	11	0	7	4	10	0	5	0	1	0	1	42
		7,14	26,2	0	16,67	9,52	23,8	0	11,9	0	2,38	0	2,38	100
5	Čupanje materijala	1	9	3	6	1	0	3	6	0	0	0	0	29
		3,44	31	10,34	20,68	3,44	0	10,34	20,68	0	0	0	0	100
6	Nagomilavanje materijala	1	2	1	1	1	1	0	3	1	0	0	0	11
		9,09	18,18	9,09	9,09	9,09	9,09	0,00	27,27	9,09	0,00	0,00	0,00	100
7	Nabrana i ljuskava mesta	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
		40	40	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
S V E G A		32	61	25	46	41	35	17	43	10	22	25	8	365
		8,76	16,71	6,84	12,60	11,23	9,58	4,65	11,78	2,73	6,02	6,84	2,19	100

Tabela 4. Tabelarni i grafički pregled oštećenja kola na površini kruga kotrljanja točkova u 2006.god

Svi slučajevi isključenja kola iz saobraćaja zbog oštećenja točka na površini kruga kotrljanja su razvrstani na osnovu slučaja koji je bio osnov za isključenje kola iz saobraćaja kao što su npr. ravne površine, nalepnice, čupanje materijala i slično. Ponekad je bilo teško podeliti ih, odnosno razvrstati jer se defekti najčešće ne javljaju usled jednog slučaja već u kombinaciji više njih.

Na osnovu raspoloživih podataka može se zaključiti da se broj defekata smanjuje zavisno od klimatskih uslova, odnosno da je broj oštećenja točkova veći pri niskim temperaturama, odnosno zimskim uslovima eksploatacije kola.

U tabeli 5 dat je pregled isključenih kola iz saobraćaja za period januar-decembar 2007. god. po vrstama kvarova i sekcijama za tehničko-kolske poslove ŽS.

TEHNIČKI USLOVI ZA NASTAJANJE RAVNIH POVRŠINA

Priroda defekata može biti različita:

1. Mehanička habanja;
2. Defekti usled nekvalitetnog i nehomogenog materijala i
3. Defekti usled termičke prirode cikličnog i prekomernog zagrevanja.

Pojave defekata pored ostalog izaziva i zagrevanje točkova usled kočenja. Zagrevanjem površine kotrljanja dolazi do plastičnih deformacija slojeva, a time i do pojačanog habanja usled trenja.

Drugi vid defekata mehaničko-termičke prirode jeste stvaranje prstenastih udubljenja po obimu točka, naročito kod kočnica sa papučama od komponovanog materijala. Razlozi za nastajanje ovog defekta su nejednaki uslovi rada površinskih slojeva metala točka i materijala papuče po širini zone kontakta i prodora abrazivnih čestica metala i prodora abrazivnih čestica prašine na površinu kotrljanja duž ivica papuče. Lokalno habanje točka ili tzv. "ravna mesta" nastaju usled blokiranja točkova kao rezultat intenzivne plastične deformacije usled zagrevanja dodirne površine.

Još jedan oblik termo-mehaničkih defekata jeste stvaranje nalepnica ili zakaljenih mesta tzv. "belih mrlja" na površini kotrljanja. Oba defekta se javljaju usled kombinovanog dejstva toplotnog opterećenja točka. Navareni sloj ima veliku tvrdoću (i do 900 HB) i odlikuje se visokim zaostalim naponima usled kojih se stvaraju mikro naprsline. Nalepnice se mogu otkidati sa točka što dovodi do udarnih naprezanja na osovinski sklop, vozilo, šine.

Sekcija za TKP	Putnička Teretna	Zagrejano osovinsko ležište	Osovinski sklop	Noseći gibnjevi	Donje i obrtno postolje	Odbojnik	Tegljenik	Kočnica
		4	9	14	18	22	25	28
Beograd	p t	4 /	359 229	37 36	364 130	132 144	27 34	847 175
Požega	p t	/ 2	/ 29	/ 555	25 319	/ 54	1 20	5 100
Požarevac	p t	/ /	/ 70	/ 19	/ 98	/ 223	/ 44	/ 1490
Lapovo	p t	/ /	/ 3	/ 9	/ 21	/ 56	/ 1	/ 167
Niš	p t	/ 1	18 100	9 135	106 93	20 168	1 62	100 828
Kraljevo	p t	1 /	1 /	3 /	14 42	/ 45	/ 7	3 23
Zaječar	p t	/ /	1 22	/ 12	/ 27	/ 29	/ 1	1 160
Novi Sad	p t	4 2	42 11	4 29	24 91	7 36	6 6	54 72
Subotica	p t	/ /	89 360	5 74	14 97	2 257	2 58	139 270
Zrenjanin	p t	/ /	/ 96	/ 7	/ 103	/ 17	/ 8	1 128
Ruma	p t	/ /	7 87	1 16	/ 253	6 53	/ 20	14 55
Sektor za TKP	p t	9 5	517 1007	59 392	547 1274	167 1082	37 261	1164 3468
	Σ	14	1524	451	1821	1249	298	4632

Tabela 5. Pregled isključenih kola iz saobraćaja za period I-XII 2007.

„Bele mrlje“ nastaju naglim hlađenjem pregrejanih mesta do temperature više od kritične na kojoj dolazi do strukturnih promena u površinskim slojevima metala točka. Pojavi belih mrlja veoma doprinose niske temperature okoline i velika vlažnost vazduha.

Veoma rasprostranjen oblik defekata jesu poprečne naprsline po površini kotrljanja točka usled termičkog starenja materijala, koji nastaju kao rezultat naizmeničnog intenzivnog zagrevanja prilikom kočenja i hlađenja.

Dosta redak oblik, ali veoma nezgodan defekat jeste tzv. „čupanje materijala“ tj. odvajanje dela metala točka pod uticajem spoljašnjih i unutrašnjih sila. Čupanju obično predhodi poremećaj homogenosti materijala. Obrazovanju ovog defekta doprinosi martenzitna struktura površinskih slojeva metala koja se odlikuje velikom tvrdoćom i krtošću.

Na osnovu napred navedenog svi defekti nastali na površini kruga kotrljanja točka razvrstani su u sedam grupa i to :

1. Ravne površine 179 (49,04%)
2. Ravne površine i nalepnice 33 (9,04%)
3. Nalepnice 66 (18,82%)
4. Nabrana i ljuskava mesta 5 (1,36%)
5. Rupičavost i ravne površine 42 (11,50%)
6. Čupanje materijala 29 (7,94%)
7. Nagomilavanje materijala 11 (3,01%)

Vidi se da najviše defekata na površini točka ima usled ravnih površina 179 (49,04%), a najmanje defekata ima usled ljuskanih i nabranih mesta 5 ili 1,36%.

Kako u eksploataciji kola učestvuje više subjekata za nastajanje ravnih površina osnovni razlog je nepravilno kočenje. Prepunjenje vazduhom kočnih uređaja, pritegnuta ručna kočnica za vreme vožnje ili pogrešan položaj ručice menjača sile kočenja dovodi do prevelike sile pritiska papuča na točkove i njihovog ukočenja. Kod vozova ili pojedinih vozila u upotrebi su kočni umeci od komponovanog materijala i ako je, greškom, ostao visok stepen kočenja kod kola sa dvostepenom kočnicom velike snage, ili je mašinovođa prilikom kočenja voza otkočio kočnicu lokomotive i preopteratio kočnice ostalih vozila dolazi do termičkog pregrevanja, a samim tim i pojave defekata na površini kruga kotrljanja točka.

Eventualna zakočenost-blokiranje točkova dok je vozilo u pokretu dovodi do stvaranja ravnih mesta. Neravnomerno raspoređene kočnice, vlažne i masne šine pogoduju klizanju i stvaranju ravnih površina.

DEFINISANJE SAVREMENIH TEHNOLOGIJA I OPREME ZA MONITORING I DIJAGNOSTIKU ŽELEZNIČKIH VOZNIH SREDSTAVA

Stacionarni sistemi monitoringa i dijagnostike ne zavise od vrste starosti, vrste vozila i opremljenosti voznog parka, jer su potpuno nezavisni u radu. Oni se mogu podeliti na one koji se nalaze u okviru depoa i radionica i one koji se nalaze na otvorenoj pruzi, kao i na stacionarne sisteme za monitoring i dijagnostiku mehaničkih, temperaturnih i električnih veličina.

Stacionarni sistemi monitoringa i dijagnostike koji se nalaze na otvorenoj pruzi prate stanje mehaničkog dela trčućeg sklopa, posredno putem merenja temperature i zvuka, i neposredno, mereći ubrzanja mehaničkog dela tokom kretanja, prateći stanje osovinskih ležajeva, točkova i ponašanja sklopa obrtnog postolja. Zbog ovakvih karakteristika, ova vrsta stacionarnih sistema se postavlja na "strateška" mesta na pruzi, gde se očekuje pojava kritičnog ponašanja pomenutih komponenti. Sa druge strane, oni su samo dopuna stacionarnim sistemima monitoringa i dijagnostike koji su smešteni u depoima. Potreba za vrstom i mestom instaliranja ovakvih sistema se definiše strategijom održavanja i eksploatacije operatera saobraćaja ili železničke uprave.

Drugim rečima, neophodno je da Železnica Srbije počne uvođenje savremenih tehnologija u skladu sa postojećim stanjem.

U daljem tekstu data su neka savremena rešenja ovih uređaja.

Detektori koji otkrivaju udarno opterećenja na točak "Vaild" (WILD) bili su decenijama glavna potpora za identifikaciju točkova kod kojih je bilo uočeno ljuštenje, raspadanje materijala zbog velikog uticaja toplote i zbog deformisanosti točkova (gubitak kružnog oblika). Oni i dalje štite železnicu od štetnih opterećenja i od iskliznuća zbog polomljenih šina. Početkom devedesetih godina od strane određenih instituta završena je ocena sistema "Vaild". Ona je za rezultat imala uvođenje Pravilnika o zameni točkova, kojim se dozvoljava zamenu točka posle udara većeg od 400 kN, koji je detektovao ovaj sistem. Pravilnik o zameni omogućava železnici da ukloni komponentu koja nije u skladu sa vozilom, a vlasniku zaračunava troškove radne snage, popravke i zamene.

Tehnologija "Vaild" se bazira na merenju vertikalnog opterećenja ispod svakog točka koje se vrši upotrebom senzora - mernih traka smeštenih na šinama. U Severnoj Americi ima preko 60 lokacija na kojima ovaj sistem obavlja svoju funkciju, odn. ne samo da odmah šalje signal upozorenja u upravljačnicu lokomotive voza da je došlo do prekomernog udara, već šalje i sve podatke o vertikalnom opterećenju u centralnu bazu radi arhiviranja i dalje analize. Na slici 1 prikazana je tipična instalacija sistema "Vaild" na koloseku u pravcu, sa betonskim pragovima u Severnoj Americi, proizvod kompanije Salient System, Inc.



Slika 1. Instalacije sistema "WILD"

Sistem za akustičnu detekciju u neposrednoj blizini koloseka "TADS" je preventivni sistem održavanja ležajeva koji je razvijen u SAD i projektovan je da identifikuje ležajeve sa unutrašnjim neispravnostima u ranoj fazi otkaza, pre početka katastrofalnog otkaza usled povećanih temperatura u toku rada.

"TADS" se sastoji od serije mikrofona postavljених u kućišta sa obe strane koloseka koji beleže vremenske podatke o zapisu zvuka svakog ležaja (slika 2).

Podatke o trenutku zapisa zvuka, uređaj dešifruje sa ciljem da se identifikuje prisustvo neispravnosti. Kontrole koje su izvršene na skinutim ležajevima posle upozorenja sistema "TADS", pokazale su da je u 97% slučajeva potvrđeno prisustvo neispravnosti.

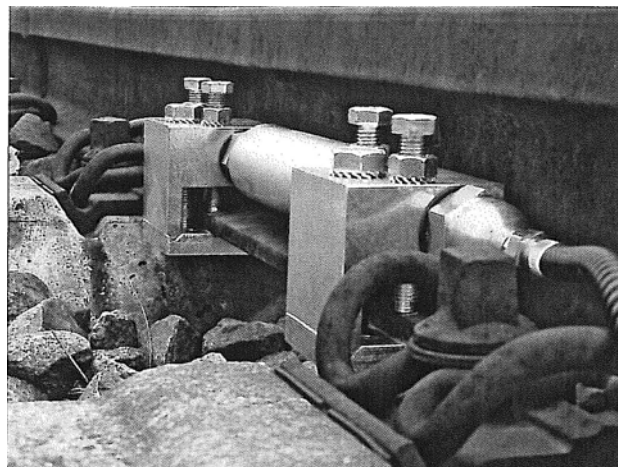
Merni sistem Lasca [2] trenutno šalje podatke o kvalitetu kretanja vozova koji prolaze. Lasca sistem je na raspolaganju mreži pruga Nemačkih železnica (DB) od 2001. godine. Razvijen je od strane firme "INNOtec GmbH Europe" iz grada Vormsa u Nemačkoj uz saradnju sa "Imb dynamik" u svrhe održavanja pruga DB.



Slika 2. Tipična instalacija "TADS"

Lasca merni sistem zasnovan je na istoimenoj laserskoj vagi koja postoji od 2000. godine. Kako se opterećenje koje nosi točak kreće duž šine dolazi do njenog ugibanja. Veličina tog ugiba zavisi od sile kojom točak deluje na šinu i njegove relativne pozicije u odnosu na senzor. Tada dolazi do skretanja laserskog zraka u odnosu na nulto podešavanje. Ovo skretanje beleži veoma osetljiv senzor sa odličnom linearnošću i unosi se u računar za obradu kao izmerena vrednost. Odnos signala i šuma je odličan. Čak i mala opterećenja kao što je npr. 100 N daju izlazni signal koji je upotrebljiv za merenje i analizu. Ljudska ruka postavljena na glavu šine na nekoliko sekundi preneće dovoljno toplote da dođe do njenog vitoperenja ka gore u meri koja je dovoljna za sistem da sprovede očitavanje.

Sa druge strane praktično ne postoji gornja granica za opterećenje koje deluje preko jednog točka ili osovinskog sklopa koja bi bila izvan mernog opsega. Čak i sile od 100 kN bi iskoristile samo 10% od mernog opsega.



Slika 3. Laserski senzor postavljen na šinu između pragova

Senzori (slika 3) su pričvršćeni uz donji deo šine u prostoru između pragova. Celokupna merna jedinica sadrži 2 x 6 senzora. Ako je 6 mernih tačaka postavljeno za obe, i za levu i za desnu šinu u susednim prostorima između pragova, može se postići neprekidna merna dužina od 4 m. To je dovoljno da pokaže jedan ceo obrt železničkog točka razvijen u ravnu liniju.

Mattild sistem (General Electric Transportation) se koristi za snimanje površine kotrljanja točkova, odstupanja od kružnog oblika i otkrivanje nepropisnog tovarjenja. Ovaj "zatvoreni" laserski sistem za otkrivanje nepravilnosti nudi novi pristup u merenjima sila kojima šinska vozila deluju na kolosek. Sa sveobuhvatnim mogućnostima praćenja ovaj sistem pomaže u smanjivanju broja iskakanja iz koloseka i na taj način povećava sigurnost odvijanja saobraćaja. Mattild sistem nudi izražene prednosti u pogledu napredne tehnologije i jednostavnosti postavljanja i održavanja.

Napredna tehnologija, laser sa samopodešavanjem zajedno sa prilagodljivim softverom za prikupljanje podataka obezbeđuju detaljne podatke za aktivno praćenje oštećenja točkova, obrtnih postolja i nepravilnosti u tovarjenju. Na slici 4 prikazan je Mattild sistem za snimanje površine kotrljanja točkova, odstupanja od kružnog oblika i otkrivanje nepropisnog tovarjenja.



Slika 4. Mattild sistem

Mattild može lako da otkrije, utvrdi veličinu ravnih mesta i njihov broj, udubljenja na površini kotrljanja, neuravnoteženost opterećenja i preopterećenje kola. Takođe, Mattild meri dinamička opterećenja osovina, obrtnih postolja i točkova.

Sistem se jednostavno postavlja na sve tipove koloseka bez građevinskih radova. Senzori se pričvršćuju za šine bez prekidanja saobraćaja. Sistem se veoma jednostavno može premestiti na drugu lokaciju.

Skretanje laserskog zraka usled sile opterećenja koje se prenosi sa točka na šinu meri se laserskim senzorima visoke rezolucije i pretvara se u podatak o opterećenju preko elektronike za obradu signala. Geometrijski raspored senzora i njihova međusobna razmaknutost omogućuju utvrđivanje sila između točka i šine na punoj dužini obima svakog točka.



Slika 5. ARGUS mera stanica

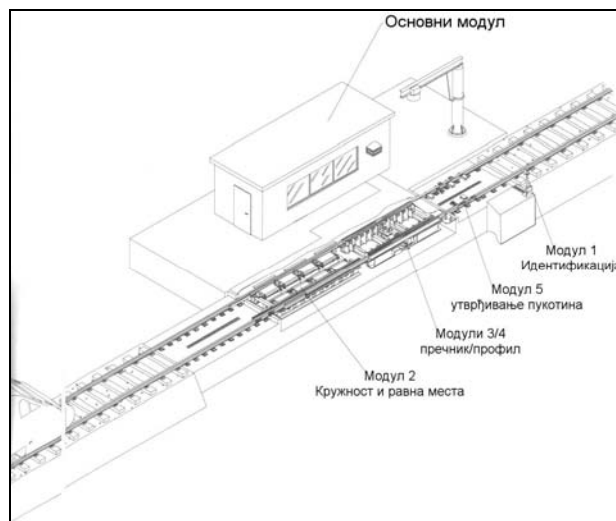
Sistem za dijagnostiku točka ARGUS (slika 5) je potpuno automatska ispitna i tehničko-pregledna jedinica za dijagnostiku točkova železničkih vozila u eksploataciji. Kada prolaze merni kolosek svi točkovi su automatski ispitani. Ovo ispitivanje može biti izvedeno bez osoblja u bilo koje vreme i bez stajanja vozila tako da je moguće kontinualno praćenje trenutnog stanja osovinskih sklopova. Na ovakav način, relevantne odluke u vezi bezbednosti su zasnovane na

Istraživanja i projektovanja za privredu 20/2008

objektivnoj oceni. Vozila se istovremeno identifikuju za vreme prelaska sistema. Snimljeni rezultati ispitivanja su povezani sa pojedinačnim osovinskim sklopom i zapamćeni u memoriji [3].

Kao dodatak dokumentaciji rezultata ispitivanja formira se baza podataka sa statistikom trošenja koja omogućava planiranje održavanja prema potrebi. Tako, prevoznik ispunjava preduslov za strategiju optimizovanog održavanja osovinskih sklopova koja služi da se poveća pređena kilometraža osovinskih sklopova i da se smanje troškovi životnog veka. Prednosti sistema su sledeće:

- Tačno saznanje stanja svih osovinskih sklopova kroz ispitivanje u automatskom eksploatacionom modu za utvrđivanje troškova i koristi.
- Pouzdani prenos i smeštaj mernih vrednosti u baze podataka.
- Precizno, savremeno i lako raspoloživo znanje stanja svih osovinskih sklopova sa istorijom i prognozama trošenja iz baze podataka osovinskog sklopa.
- Osnove za poboljšanu organizaciju radionica.
- Povećanje eksploatacione pouzdanosti i tačnosti bez eksploatacione rezerve pošto su sve neophodne aktivnosti u vezi osovinskih sklopova već prethodno određene pre stizanja vozila u radionicu za održavanje.



Slika 6. Struktura sistema ARGUS

Struktura sistema ARGUS (slika 6):

Osnovna jedinica:

- Osnovni modul
- Baza podataka
- Eksploataciona stanica
- Jedan klimatizovani kontejner za smeštaj komandne jedinice

Dijagnostički moduli:

Modul 1: Identifikacija vozila

Modul 2: Odstupanje od kružnosti i ravna mesta

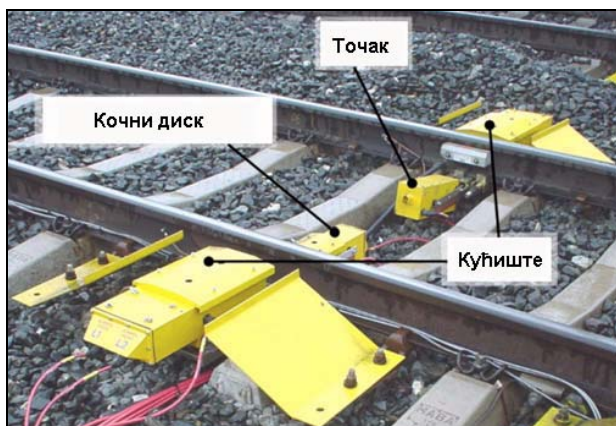
Modul 3: Prečnik

Modul 4: Profil, unutrašnje rastojanje između točkova

Modul 5: Otkrivanje naprslina

Sistem za otkrivanje pregrejanih osovinskih ležajeva korišćen u Austriji od strane ÖBB Infrastrukture sastoji se od opreme sa strane koloseka (skenera), jedne jedinice za ocenu i upravljanje, opreme za prenos podataka i jedinice sa vizuelnim displejem. Oprema sa strane pruge uključuje i elektroniku za upravljanje i ocenu smeštenu u ormanu i za šinu pričvršćenu mernu opremu sa infracrvenim senzorima za snimanje osovinskog kućišta, temperature točka i brojača osovina [4, 5].

Na mnogim lokacijama, gde je sistem za otkrivanje pregrejanih ležajeva pozicioniran, takođe je smešten i sistem za detekciju temperature točka i sistem za detekciju temperature kočnog diska (slika 7). Glavni razlog za ovo gomilanje senzora su troškovi instalacije jednog sistema. Zajedničko je korišćenje napajanja električnom energijom i veza na mrežu železničkih podataka.



Slika 7. Kombinovano postrojenje za pregrejeni osovinski ležaj za točak i kočni disk

Zbog cene postrojenja za dinamičko merenje mase, sledeća ideja za smanjivanje troškova iskakanja voza je bila razvoj detektora iskliznuća duž pruge (slika 8) koji je tako jeftin da može biti smešten na svaki blokovni signal. Iskliznuće može biti prouzrokovano mnogim stvarima i stoga kombinacija uticaja sa strane pruge i sa strane vozila treba da se podudara. Jednostavni princip detektora je otvaranje u slučaju deformacije i garantuje visoku pouzdanost.



Slika 8. Detektor iskliznuća

Dodatna komponenta automatskog osmatranja voza je postrojenje za dinamičko merenje mase (slika 9). Pre nego što su pozvale kompanije da prikažu svoje proizvode Austrijske železnice su projektovale prototipsko postrojenje nazvano G2000. Za jednog menadžera infrastrukture važno je da proveriti osovinsko opterećenje i opterećenje točka da bi se sprečila iskliznuća. Šta više, osovinsko opterećenje je važno za izračunavanje naknada za infrastrukturu.

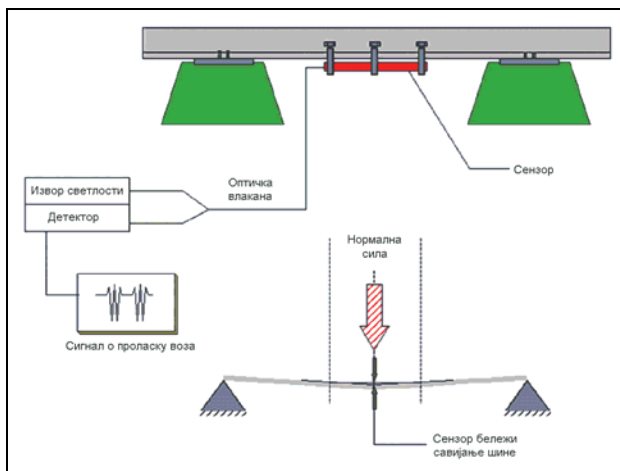


Slika 9. Postrojenje za dinamičko merenje mase

Dodatna komponenta automatskog osmatranja voza je postrojenje za dinamičko merenje mase (slika 9). Pre nego što su pozvale kompanije da prikažu svoje proizvode Austrijske železnice su projektovale prototipsko postrojenje nazvano G2000. Za jednog menadžera infrastrukture važno je da proveriti osovinsko opterećenje i opterećenje točka da bi se sprečila iskliznuća. Šta više, osovinsko opterećenje je važno za izračunavanje naknada za infrastrukturu.

U poslednje dve godine napredni sistem sa vaganje pri kretanju Quo Vadis zaživeo je na Holandskim železnicama (NS). Ovaj sistem koji je razvio ProRail, Bass R&D i NedTrain Consulting postavljen je na 42 lokacije što omogućava merenje 80% saobraćaja i 96% prevezenog tereta. Prepoznavanje vozova

dobro funkcioniše korišćenjem sistema koji se, takođe, koriste za svrhe upravljanja saobraćajem [6, 7].



Slika 10. Princip rada optičkog senzora

U Quo Vadis sistemu merenje se sprovodi korišćenjem senzora na bazi tehnologije optičkih vlakana. Senzor se postavlja ispod šine i povezan je sa čitačem u kućištu sistema uz kolosek. Čitač stvara optički signal koji se prenosi do senzora optičkim vlaknom. Senzor pretvara najmanja vertikalna pomeranja šine usled prolaska točka u promenu optičkog signala, koji se zatim pretvara u čitaču u tačan vertikalni signal koji je na raspolaganju za dalju obradu (slike 10 i 11).



Slika 11. Postavljanje senzora na kolosek

Sistem za otkrivanje pregrejanih ležaja zasniva se na infracrvenom otkrivanju temperature. Gotcha senzor sa optičkim vlaknima je u mogućnosti da zabeleži vibracije koje emituju oštećeni ležaji kao i poziciju osovine. Kombinacijom oba senzora pogrešna dijagnoza može biti izbegnuta što dodatno unapređuje pouzdanost otkrivanja pregrejanih ležaja.

Gotcha sadrži sistem za radio prepoznavanje RFID TagMaster. Sistem se sastoji od čitača

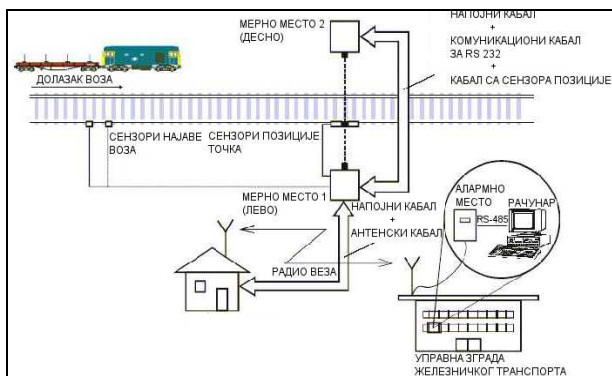
koji se nalazi uz kolosek i očitava zapise u magnetnim kartica prikačenim na vozilima. Sistem radi na slobodnoj učestanosti od 2,45GHz i ispunjava sve zahteve železničke industrije. Pločice veličine kreditne kartice lako se postavljaju sa strane ili ispod vozila i mogu biti očitane do brzine od 360 km/h na rastojanju od 5 do 8 m. Pločica je potpuno zatvorena i ne zahteva održavanje punih 6 do 10 godina.

Gotcha sistem je predviđen i za snimanje buke koju emituju železnička vozila sa visokom tačnošću i detaljnošću. Zabeleženi podaci su prikladni za formiranje redova vožnje koji moraju da zadovolje stroge propise u pogledu buke i da pomognu u preduzimanju mera za smanjenje buke.

Rastući broj primena vaganja u pokretu i prepoznavanja vozila je sve više prisutan. Depoi za točenje goriva u dizel-vozila opremaju se čitačima magnetnih kartica i naplata se ostvaruje automatski. Planira se da Quo Vadis sistem bude proširen opremom za utvrđivanje izduvne emisije, buke i vibracija. Merjenja buke dovode se i u vezu sa oštećenjima osovinskih ležaja kako bi se izbeglo njihovo pregrevanje u najranijoj fazi. Kao poslednja, ali ne najmanje važna mogućnost je i određivanje broja prevezenih putnika što je značajna informacija za prevoznike.

Jedno od rešenja se nudi i kroz upotrebu sistema za praćenje i kontrolu pregrejanosti osovinskih ležajeva točkova teretnih kola koje je razvio i proizveo Institut "Nikola Tesla" iz Beograda, a koji se nalazi u eksploataciji na internoj železnici TE "Nikola Tesla" u Obrenovcu, od avgusta 2004 (slika 12).

Koncepcija ovog mernog sistema se bazira na beskontaktnom merenju apsolutne temperature poklopaca ležaja točka teretnih kola u pokretu (3 km/h do 40 km/h) u uslovima okolne temperature od -40°C do +70°C, velikih elektromagnetnih smetnji (elektrovučna lokomotiva sa napojnom mrežom od 25 kV), vibracija, prašine pored pruge i vremenskih uslova (sunce, kiša, sneg). Temperatura ležišta meri se beskontaktno infracrvenim (IC) detektorom koji se nalazi u okviru mernog mesta pored pruge. Sistem za detekciju temperature ležišta obezbeđuje pouzdano merenje apsolutne temperature ležišta u opsegu od 40°C do 125°C sa tačnošću merenja $\pm 2^\circ\text{C}$. Ceo sistem radi besprekidno i autonomno tj. bez opslužioaca. Sistem je postavljen na tri prostorno različite lokacije.



Slika 12. Prostorni raspored mernog sistema

Pored same pruge postavljeni su merni optičko-elektronski uređaji za merenje temperature i potrebni senzori za kontrolu ukupnog mernog procesa (slika 13). Na istovarnoj stanici vozova se nalazi alarmni uređaj koji ima funkciju da prikaže temperature svih ležajeva tekućeg voza i da alarmira povišenu temperaturu nekog ležaja (od zadate granične temperature) ukoliko se takav slučaj pojavi.



Slika 13. Izgled mernih uređaja pored pruge

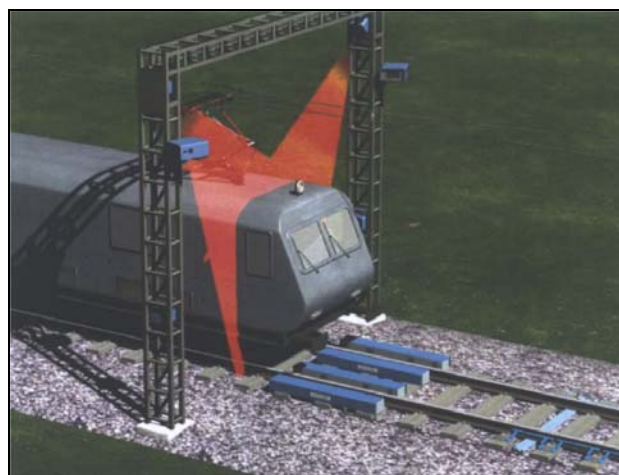
Kompletno praćenje procesa merenja, beleženje svih rezultata prati se preko računara koji je prostorno lociran u zgradi CDU (centar daljinskog upravljanja).

Utvrđivanje profila voza sprovodi se preko mernog sistema koji se zasniva na laserskom merenju daljine u kombinaciji sa visokom učestanošću skeniranja.

Zadaci sistema su:

- da se izmeri profil voza tokom kretanja (lokomotive i putnička kola),
- da se utvrdi profil tovarjenja voza (za teretne vozove).

Profil voza koji se kreće utvrđuje se preko dva laserska daljinomera koji su simetrično postavljeni na obrisu graničnog profila. Slika 14 pokazuje principe rada uređaja.



Slika 14. Prolazak voza kroz uređaj za određivanje profila voza

Princip rada je sledeći: Impulsni laserski zrak učestanosti 1 MHz vertikalno skenira vozilo da bi se izvršilo merenje. Laserski impuls se reflektuje od površine voza i detektuje ga poseban foto-osetljivi senzor koji se nalazi unutar mernog uređaja pored laserskog izvora.

Apsolutna mera udaljenosti cilja dobija se merenjem vremena koje je potrebno da impulsna svetlost pređe rastojanje između izvora i senzora. Vreme putovanja svetlosti meri se visoko frekventnim elektronskim kolom koje može da utvrdi rastojanje sa rezolucijom 10 mm na mernom polju od 10 m.

Profil voza u kretanju se određuje preko 2 merna uređaja, jedan za desni profil i jedan za levi profil. Objedinjavanje podataka od dva daljinomera omogućava dobijanje celovitog profila vozila.

ZAKLJUČAK

Na prugama Železnica Srbije još i danas, za razliku od naprednijih zapadnoevropskih i srednjeevropskih železnica, funkcije kontrole tovarnog profila, detekcije ravnih mesta na točkovima, detekcije zagrejanosti osovinskih ležišta i određivanja mase po osovini kola obavljaju se samo kada se voz zaustavi u stanici. U svetu već odavno postoje savremenije metode, koje moguće neispravnosti detektuju u toku kretanja voza.

Povećanjem brzine vozova na savremenim evropskim prugama, što se i kod nas očekuje, povećava se opasnost da dođe do nezgode usled oštećenja točkova, osovinskih ležišta ili kočnica. Takva oštećenja se mogu, u početnoj fazi, konstatovati na osnovu povećanja temperature, što se vizuelno ne može uočiti. Moderni valjkasti ležajevi imaju vrlo kratko

vreme eksploatacije od pojave pregrevanja do pojave neispravnosti ili pojave havarije. To vreme je, može se reći, čak previše kratko i u okviru njega se mora brzo reagovati da bi se sprečile potencijalne havarije.

U cilju otkrivanja stanja neispravnosti neophodno je da se na pruži koriste uređaji, koji su sposobni da bezkontaktno detektuju, obrađuju odgovarajuće signale i javljaju (na daljinu i sa potrebnom tačnošću) povećanja temperature, ravna mesta na točkovima i neravnomerni raspored mase tovara u kolima. Detekcija tovarnog profila bi se mogla ostaviti za krajnju fazu implementacije projekta zbog toga što je ovaj uređaj, u mnogim zemljama, i danas u eksperimentalnom radu. Sama potreba za ovom funkcijom bi se mogla svesti na granične stanice, a prvenstveno Koridor 10.

Iskustva ispitivanja na terenu su otkrila da su sledeći sistemi senzora, za funkciju potpuno automatskog praćenja voza, neophodni da otkriju gotovo sva moguća stanja kvarova na vozovima:

- Stanje osovinskih kućišta, kočnih umetaka i točkova se detektuje pomoću detektora pregrejanih osovinskih ležajeva, kočnih umetaka i točkova. Ovi sistemi senzora predstavljaju najsavremeniju tehniku i u eksploataciji su više godina. Obično su integrisani u jednu celinu.
- Dinamičke vage se koriste za merenje u oblasti kontakta točak/šina. Tako je masa svakog točka određena i na osnovu nje se izračunava masa vagona i voza. Najsavremenije dinamičke vage takođe prate status točkova i otkrivaju ravna mesta i druga oštećenja točka.
- Otkrivanje objekata koji prevazilaze profil voza se sprovodi preko sistema za praćenje profila voza. Ova rešenja senzora su zasnovana na laserskim zracima zajedno sa kamerama.

- Otkrivanje požara na vozu je bio deo nadgledanja voza od strane otpravnika vozova. Danas ne postoje senzori za detekciju požara koji su komercijalno raspoloživi da preuzmu ovako važan zadatak pa su, za vreme razvoja projekta kontrolnih punktova, sprovedeni laboratorijski testovi da bi se pronašao odgovarajući senzor.
- Za otkrivanje iskliznuća vozila je izuzetno važno ne samo da se otkrije takva situacija pre nego što iskliznulo vozilo uđe u tunel ili na most već i da se izbegnu visoki troškovi otkrivanjem iskliznulog vozila pre nego što uništi kilometre infrastrukture.

LITERATURA

- /1/ SI CIP, Generalni projekat sistema mernih stanica tehničko-kolskih poslova za dinamičku kontrolu tehničkog stanja vozničkih sredstava u saobraćaju na mreži JP "Železnice Srbije", Beograd, 2008.
- /2/ LeDosquet, G., Paweliek, F., Müller Boruttau F., Lasca, Automatic monitoring of the running quality of railway vehicles, RTR Railway Technical Review, 2, 2007.
- /3/ www.hegenscheidt-mfd.de
- /4/ Schöbel, A., Karner, J., Components for wayside train observation in Austria, XII naučno-stručna konferencija o železnici ŽELKON '06, Niš, Srbija, 2006.
- /5/ Schöbel, A., Karner, J., Optimierungspotenziale bei der Stationierung von Heißläuferortungsanlagen, ETR 54, H. 12, Dezember 2005.
- /6/ Gerlof den Burman, Arjen Zoeteman, A Vital Instrument in asset management, European Railway Review, issue 3, 2005.
- /7/ Gotcha Train Monitoring Solution, NedTrain Consulting and Baas R&D Publication, 2004.