

JELENA MIKELIĆ*, BORISLAV GOJKOVIĆ**

SAVREMENI DIJAGNOSTIČKI SISTEMI I NOVA KONCEPCIJA ODRŽAVANJA ŽELJEZNIČKIH VOZILA: PILOT PROJEKAT NA ŽELJEZNICAMA U BIH

MODERN DIAGNOSTIC SYSTEMS AND NEW CONCEPTION OF MAINTENANCE OF RAILWAY VEHICLES: PILOT PROJECT ON RAILWAYS IN BIH

Datum prijema rada: 19.10.2018.
UDK:656.2+629.4

REZIME:

Stanje željezničkih vozila bitno utiče na bezbjednost saobraćaja zbog rizika iskliznuća vozila i istovremeno smanjuje kvalitet prevoza robe i putnika. Kao posljedice nesreća u željezničkom saobraćaju javljaju se velike štete na vozilima i infrastrukturi, kao i privremeni zatvori pruga što dovodi do velikih troškova. Postojeći propisi predviđaju vizuelni pregled željezničkih vozila koji se zasniva na ljudskom faktoru i subjektivnoj procjeni stanja vozila. Takva praksa nije dovoljno pouzdana. U cilju kontrole statusa voza, mase i tehničkog stanja vagona željezničke uprave razvijaju koncepte sistema mjernih stanica za dinamičku kontrolu šinskih vozila na prugama. Primjena takvih sistema omogućava sprovođenje nove koncepcije održavanja željezničkih vozila prema stanju. Ovaj rad daje pregled svjetskih iskustava, ali i sistema koji se razvija na Željeznicama Republike Srpske (ŽRS).

Ključne riječi – dinamička kontrola, monitoring, šinska vozila, defekti, dijagnostika, mjerno dijagnostički sistemi, održavanje prema stanju

SUMMARY

The condition of railway vehicles is an important factor for railway safety because there is always a risk that a vehicle can slip out from railway lines; also, a damaged vehicle can lower the quality of passenger and freight transport. As a result of accidents in rail transport, there is a huge damage to vehicles and infrastructure, as well as temporary closing of railways, which leads to high costs. The existing regulations envisage a visual inspection of the railway vehicles based on the human factor and the subjective assessment of the condition of the vehicle. Such a practice is not sufficiently reliable. To be able to control train status, its mass and technical conditions of wagons, train companies' directions develop measuring stations that dynamically control railway vehicles. The application of such systems enables the implementation of a new concept of maintenance of railway vehicles according to condition. This paper presents a survey of related work in this area, and describes the system in use in Railways of Republika Srpska (ŽRS).

Keywords – dynamic control, monitoring, railway vehicle, defect, diagnostics, way side monitoring systems, maintenance according to condition.

* Jelena Mikelić, dipl. inž. saobr, Saobraćajni fakultet, Doboj, Vojvode Mišića 52, mikelicjeca@gmail.com

** Prof. dr Borislav Gojković, dipl. inž. maš, Saobraćajni fakultet, Doboj, Vojvode Mišića 52, borislav.gojkovic@sf.ues.rs.ba

1. UVOD

Željeznički sistem, vozna sredstva, infrastruktura i usluge konstantno se razvijaju i unapređuju tokom cjelokupnog perioda svog postojanja. Podiže se kvalitet i raznovrsnost usluga, te kvalitet i pouzdanost vozni sredstava i infrastrukture, a željeznički sistem teži ka efikasnijem i efektivnijem poslovanju. Transportno tržište postavlja zahtjeve za većim brzinama i masama vozova, a time i za snažnijim lokomotivama. Stalno je prisutna neophodnost povećanja kapaciteta pruga i šinskih vozila. Ovizahtjevidovali su do povećanja osovinskog opterećenja, a time i do povećanog opterećenja na šinama i svim ostalim elementima na pruzi. Sistem i način održavanja vozni sredstava i infrastrukture takođe su značajno promjenjeni. Posljednjih godina, sa ovako povećanim zahtjevima, dostupnost i pouzdanost željezničkog voznog parka zasnovanesuna razvoju sistema preventivnog održavanja, odnosno održavanje prema stanju.

Na našim prugama saobraća veliki broj različitih serija i tipova teretnih kola, čija ispravnost i tehničko stanje, po pravilu, zavisi od zemlje i operatera koji su kola uvrstili u kolski park. Našu zemlju i zemlje u okruženju (regionu) karakterišu kolski parkovi sa kolima koja su veoma stara i koja su uglavnom loše održavana. Samim tim željeznički teretni transport funkcioniše sa smanjenim efektom.

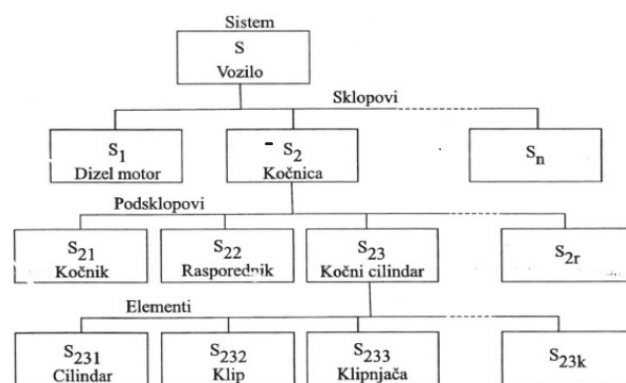
Postojeći sistem ispitivanja i nadzora ispravnosti vitalnih elemenata željezničkog vozila zasnovan je na ljudskom faktoru koji obavlja vizuelni pregled u polaznim i završnim stanicama. Ta vrsta pregleda znači da pregledači kola procjenjuju vidom ili dodirom stanje sklopova kola. Na taj način procjena stanja željezničkih vozila zavisi od subjektivnog stava pregledača. Često pregled ne obuhvata sve vitalne sklopove (osovine, točkovi, kočioni elementi, gibnjevi itd.) svih kola, pa takav sistem dovodi do povećanog rizika pojave željezničkih nesreća s većim ili manjim posljedicama po vozila, infrastrukturu, ali i okolinu. Uvođenje savremenih mjerno-dijagnostičkih sistema u redovnu upotrebu predstavlja ključni korak u prevenciji željezničkih nesreća i smanjenju troškova štete koju neispravna vozila naprave na infrastrukturi.

Nakon uvodnog razmatranja definisano je željezničko vozilo kao složen tehnički sistem sa

komponentama i vezama između njih. Takođe, u drugom poglavlju obrađeni su principi održavanja tehničkih sistema i značajni ciljevi održavanja. U narednom poglavlju prikazane su specifičnosti održavanja željezničkih vozila, a zatim postojeće tehnologije održavanja po vremenu i pređenoj kilometraži, kao i savremeni koncept održavanja prema stanju željezničkih vozila. U četvrtom poglavlju dat je kratak prikaz savremenih dijagnostičkih sistema za detekciju i monitoring na prugama u Evropi i svijetu. Na kraju predstavljena je studija slučaja detekcije stanja vozila i primjene savremenih postupaka održavanja željezničkih vozila u BiH, tj. analiza stacionarnog dijagnostičkog sistema „HotBox” instaliranog u stanici Doboj koji se nalazi u probnom radu.

2. ŽELJEZNIČKO VOZILO KAO SLOŽENI TEHNIČKI SISTEM

Svako željezničko vozilo predstavlja tehnički sistem za sebe koji se sastoji od većeg broja podsistema, sklopova, podsklopova i elemenata (slika 1). Rad i ponašanje svakog od njih u direktnoj su vezi sa ukupnom radnom sposobnošću sistema u eksploataciji. Npr. sistem za kočenje predstavlja sistem za sebe, ali je istovremeno i dio sistema vozila.



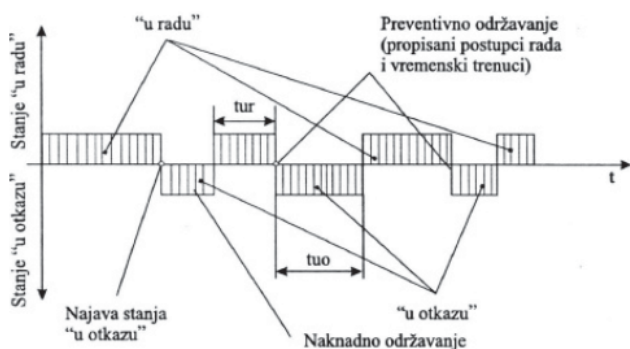
Slika 1. Šema strukture tehničkog sistema, odnosno vozila [1]

Sistem S (vozilo) sastoji se od više sklopova S_1, S_2, \dots, S_n (dizel- motor, elektromotor, kočnice, itd). Svaki od sklopova sastoji se iz više podsklopova. Tako npr. sklop S_2 (kočnice) sastoji se od više podsklopova $S_{21}, S_{22}, S_{23}, \dots, S_{2r}$ (kočnik, rasporednik, kočni cilindar, itd).

Svaki tehnički sistem može biti u dva moguća stanja [1] i to:

- stanje sistema u radu,
- stanje sistema u otkazu.

Stanja se ciklično ponavljaju u toku vijeka trajanja sistema. Kada se kaže da je stanje sistema u radu, onda se misli da je ispravan, da funkcioniše i da može da izvršava postavljenu funkciju cilja na propisan način i u propisano vrijeme. Kada se kaže da je sistem u stanju otkaza, smatra se da je neispravan i da ne može da izvršava postavljenu funkciju cilja ili je ne izvršava na propisan način. Efikasno vraćanje sistema iz stanja u otkazu u stanje u radu jeste upravo zadatak održavanja. Na slici 2 šematski je prikazana radna sposobnost vozila. Prelaz iz stanja u radu u stanje u otkazu nastupa pojavom otkaza ili kada se sprovede preventivni postupak održavanja.



Slika 2. Vremenska slika stanja sistema [1]

Otkaz tehničkog sistema može da se definiše kao prestanak vršenja funkcije za koju je projektovan. Smanjenje ili gubljenje radne sposobnosti tehničkog sistema tokom eksploatacije posljedica je raznih faktora koji utiču na početne parametre, izazivajući pri tome različita oštećenja kao što su habanje, deformacija, lomovi, korozija itd. Osnovne komponente koje definišu otkaz su:

- uzrok otkaza – obuhvata starenje, koroziju, habanje, preopterećenje, mehanički lom, izostanak pravilnog rukovanja, čišćenje i podmazivanje,
- manifestacija otkaza – jak šum, previsoke vibracije, temperature, pritisci i neadekvatan rad,
- mjesto otkaza – prenosnici, hidraulični uređaji, pneumatski uređaji, elektroinstalacija, elektronika i drugo,
- način otklanjanja otkaza – podešavanje, podmazivanje, zamjenadijelova, regeneracija i dr.

Uzroci otkaza u širem smislu mogu da se podijele na:

- greške u projektovanju,
- pogrešna upotreba,
- primarni – nastaju prvi,

- sekundarni – nastaju kao posljedica nekih drugih,
- ugrađene mane – greške pri izradi.

Stanje sistema „u otkazu“ uvijek je uslovljeno otkazom dijela sistema. Stanje sistema „u otkazu“ može biti uzrokovano:

- potpunim otkazom dijela sistema kada radna sposobnost sistema pada na nulu i onemogućeno je vršenje funkcije sistema u cijelini,
- dijelimičnim otkazom dijelova sistema, pri čemu sistem radi, ali ispod donje granice postavljene funkcije.

2.1. Održavanje tehničkog sistema i značajni ciljevi održavanja

Potreba za održavanjem tehničkog sistema proističe iz njihove podložnosti otkazivanja u toku eksploatacije. Uporedo sa racionalizacijom radnih procesa dolazi se do zaključka da nije dovoljno vršiti samo popravku tehničkih sistema kada dođe do otkazivanja, nego da se otkaz predvidi, odnosno da do njega ni ne dođe. Zbog toga su se razvile razne koncepcije održavanja koje vode posebno pažnju o složenosti tehničkog sistema.

U najopštijem smislu može se reći da održavanje tehničkih sistema obuhvata sve postupke koji treba da se poduzmu sa ciljem da tehnički sistem bude što duže u ispravnom stanju, ili da tokom svog životnog ciklusa radi na potrebnom nivou pouzdanosti, ekonomičnosti i produktivnosti. Ovaj cilj nije lako postići, što nam govori podatak, prema istraživanju raznih autora, da za prosječno trajanje bilo kog tehničkog sistema od 10 godina, troškovi održavanja čine oko 60% od vrijednosti njegove investicije. Sa druge strane, kada se analiziraju opšti uzroci oštećenja i otkaza pojedinih dijelova tehničkih sistema, nizak nivo održavanja i sam proces „starenja“ čini više od trećine svih uzroka otkaza. Sam proces održavanja predstavlja skup svih aktivnosti koje se sprovode u cilju otklanjanja ili sprečavanja otkaza.

Prva postavljena definicija održavanja data je na kongresu Organizacije za ekonomsku saradnju i razvoj – OECD (Organisation for Economik Cooperation and Development) 1963. godine i glasila je: „Održavanje je funkcija preduzeća kojoj su povjereni

stalna kontrola nad postrojenjima i obavljanje određenih popravaka, pomoćnih postrojenja i ostale opreme" [1, 10].

Ako su poznate osnovne karakteristike pouzdanosti na osnovu kojih se predviđa pojava otkazai vrše prognoze budućih stanja sistema, mogu da se donesu odluke o vrsti postupaka preventivnog održavanja i vremenu njihovog sprovođenja sa ciljem da se spriječe pojave oštećenja i iznenadne pojave otkaza, odnosno neplaniranih zastoja, dodatnih troškova i većih oštećenja (havarije).

Strategija održavanja predstavlja primjenjene metode upravljanja koje se koriste da bi se postigli ciljevi u održavanju. Takođe, treba napomenuti da se najviši nivo održavanja odnosi na strategiju koju utvrđuje rukovodstvo u skladu sa zahtjevima za: osiguranje raspoloživosti tehničkog sistema za obavljanje tražene funkcije uz minimalne troškove, zadovoljenjem bezbjednostizahjtjeva, kao i ostvarenjem potrebne pouzdanosti tehničkog sistema i obezbjeđenja kvaliteta usluga. Takođe, troškovi održavanja su u direktnoj vezi sa izabranom strategijom održavanja za svaki konkretni tehnički sistem i ne može se izbijeći održavanje. Osnovne strategije održavanja su:

- strategija „čekaj i vidi“, koja predviđa sprovođenje intervencija nakon otkaza sistema,
- strategija „oportunističko održavanje“ nadograđuje prethodnu strategiju u smislu sprovođenja i preventivnih aktivnosti bez prethodne pouzdane procjene stanja zamjenjenih elemenata,
- strategija „preventivno održavanje“ znači obavljanje održavanja prije nastanka otkaza, a na bazi određenih pokazatelja,
- strategija „održavanja prema stanju“ pri čemu se intervencije izvode na bazi utvrđenog stanja korišćenjem metoda tehničke dijagnostike uz praćenje logističkih parametara održavanja (raspoloživost, pogodnost za održavanje, popravljivost i troškovi održavanja).

Ukupna strategija održavanja zasniva se na principu znanja o stanju tehničkog sistema. Pravilan izbor strategije održavanja treba da obezbjedi ostvarenje dugoročnih ciljeva kao što su visoka pouzdanost, poboljšanje stepena korišćenja, smanjenje troškova održavanja, skrećenje vremena intervencija i ekološka prihvatljivost.

3. ODRŽAVANJE ŽELJEZNIČKIH VOZILA

Zadatak održavanja je da obezbjedi željeznička vozila u ispravnom stanju, za bezbjedan, uredan i ekonomičan rad u eksploataciji. Održavanje ima preventivni karakter, pri čemu se radovi održavanja unapred predviđaju u okviru periodičnih kontrolnih pregleda i redovnih opravki. Radi utvrđivanja stanja dijelova, sklopova, uređaja i agregata vozila u pogledu istrošenosti i oštećenja, kao i radi utvrđivanja promjene tog stanja tokom vremena, treba vršiti sistematska ispitivanja i provjere. Ova ispitivanja i provjere omogućavaju da se dobiju određeni podaci koji služe za utvrđivanje ciklusa i rokova za izvršenje kontrolnih pregleda i redovnih opravki, kao i njihov obim radova. Održavanje željezničkih vozila može biti: [2]

- preventivno (redovno) koje se periodično ponavlja i unapred planira:
 - stalni nadzor,
 - pranje i čišćenje,
 - kontrolni pregledi,
 - redovne opravke,
 - dezinfekcija, dezinsekcija i deratizacija (kod putničkih kola),
- korektivno (vanredno) koje se vrši radi otklanjanja kvarova, nedostataka ili istrošenja:
 - vanredne opravke manjeg obima,
 - vanredne opravke većeg obima,
 - pranje, dezinfekcija, dezinsekcija i deratizacija (kod teretnih kola).

Ciklusi redovnog održavanja podrazumijevaju redosljed vršenja pojedinih kontrolnih pregleda, odnosno redovnih opravki vozila.

Pod rokom redovnog održavanja podrazumijeva se proteklo vrijeme eksploatacije (kalendarsko), pređeni kilometri ili drugi prikladni kriterijumi između dva kontrolna pregleda, odnosno dvije redovne opravke. Rok između dvije redovne opravke kod svake serije vozila određuje se tako da većina vozila te serije mogu biti u eksploataciji do sljedeće redovne opravke bez većeg broja vanrednih opravki. Ciklusi i rokovi redovnog održavanja dati su posebno za svaku vrstu i seriju vozila, pri čemu se vodi računa o njihovim specifičnostima.

Kriterijumi rokova za obavljanje kontrolnih pregleda svih vozila je vrijeme eksploatacije (kalendarsko vrijeme), a kriterijumi rokova za obavljanje

redovnih opravki vozila je izvršeni rad izražen u pređenim kilometrima, odnosno vrijeme eksploatacije. Za pružna vozila kriterijumi za obavljanje kontrolnih pregleda i redovnih opravki može biti, pored vremena, i rad vozila izražen u efektivnim časovima rada.

Za svaku vrstu vozila za koji su propisani rokovi za izvršenje kontrolnih pregleda i redovnih opravki, dozvoljena su i određena odstupanja. Dozvoljena odstupanja od propisanih rokova za izvršavanje pojedinih vrsta redovnog održavanja omogućavaju racionalnu organizaciju održavanja vozila u zavisnosti od raspoloživosti kapaciteta za održavanje i trenutnih potreba za eksploatacijom dotičnih vozila, pri čemu se mora voditi računa da se ovim odstupanjima ne ugroze bezbjednost i pogonska sigurnost vozila.

3.1. Održavanje prema stanju

Održavanje prema stanju u suštini je oblik preventivnog održavanja čija se strategija donošenja odluka o aktivnostima održavanja zasnivana periodičnoj i neprekidnoj kontroli rada datog sistema u procesu eksploatacije. Za razliku od preventivnog održavanja, gdje se aktivnosti održavanja vrše nakon planiranog vremena, kod održavanja prema stanju vrši se dijagnostička kontrola određenih tehničkih parametara stanja i interveniše se samo ako je tehničko stanje izvan propisanih granica (donjih i gornjih). Sam postupak se sprovodi u okviru nekoliko faza [3, 9], a to su:

- izbor dijelova na kojima će se vršiti dijagnostika,
- određivanja mjesta mjerenja,
- izbor metode dijagnostike,
- saopštavanje rezultata mjerenja,
- analiza dobijenih rezultata mjerenja,
- procjenavjerovatnoće i dužine očekivanog ispravnog stanja,
- davanje termina za zamjenu,
- opravka dijelova sistema,
- izrada dokumentacije,
- realizacija datih aktivnosti.

Danas postoje dva koncepta održavanja prema stanju [9]:

- održavanje prema stanju sa kontrolom parametara, ima zadatak stalne i periodične kontrole i mjerenje tehničkih parametara kojim se određuje stanje sastavnih dijelova,

- održavanje prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti, sastoji se od sakupljanja, obrade i analize podataka o nivou pouzdanosti sastavnih dijelova sistema i izrade plana aktivnosti održavanja nakon smanjenja nivoa pouzdanosti.

Dijagnostikom se provjerava ispravnost, radna sposobnost, funkcionalnost i istaživanje otkaza (mjesto, oblik i uzrok). Utvrđivanje radnog stanja sastavnog dijela sistema može se odrediti primjenom odgovarajuće opreme i instrumenata, a takođe i čulnim opažanjima obučanih stručnjaka za dijagnostiku.

Kao objektivna metoda utvrđivanja stanja, moderna dijagnostika zasniva se na mjerenju dijagnostičkih parametara i poređenju izmjerene vrijednosti sa prethodno utvrđenim normativima. Upravo iz tih razloga dijagnostika se ne može vršiti u bilo kojim uslovima, pa je uporedo sa mjerenjem dijagnostičkih parametara neophodno kontrolisati uslove u kojima se određuju karakteristike sistema. Zato služe dijagnostičke metode da se od slučaja do slučaja konkretizuju sve specifičnosti odnosa između stanja sistema odgovarajućih pokazatelja za svaki dijagnostički objekat. Opšta podjela obuhvata dva vida dijagnostičkih metoda:

- opšta dijagnostička metoda – koristi se u slučajevima kada se želi utvrditi opšte stanje, bez jasne identifikacije same neispravnosti i njihovih uzroka sa ciljem da se ocjeni da li je sistem u stanju: „u radu” ili „u otkazu”,
- lokalna dijagnostička metoda – koristi se u slučajevima kada se želi utvrditi stanje u kome se nalazi dijagnostički objekat i da se odredi vrsta otkaza, mjesto i uzrok njegovog nastanka.

Prema primjeni sredstava opšte metode dijagnostike mogu biti:

- subjektivne - karakteristične su za tehnologiju korektivnog održavanja, a prilikom nastanka simptoma otkaza mora da se uspostavi veza između manifestacije otkaza i mogućih uzroka i vrste otkaza, uz istovremeno davanje preporuke za način otklanjanja otkaza;
- objektivne – ovu vezu vrlo često uspostavlja izvršilac dijagnostike koristeći svoje iskustvo i znanje iako najčešće on nije u stanju da definiše otkaz, već samo njegovu manifestaciju, odnosno posljedicu; izvršilac dijagnostike uglavnom vrši ispitivanje šuma i buke, vizuelno i optičko

ispitivanje i ispitivanje mirisa i boje, mjerenje pritiska, mjerenje broja obrtaja i brzine

4. SAVREMENI DIJAGNOSTIČKI SISTEMI

Savremeni dijagnostički sistemi značajno su unaprijedili stalni nadzor i kontrolu željezničkih vozila, te na taj način povećali efikasnost samog održavanja vozila. Veoma je složen sistem praćenja i kontrolisanja vučnih i vučenih vozila uz zadatke da se nadzire što više sklopova, uređaja i agregata u toku eksploatacije, a bez zaustavljanja istih. Danas egzistiraju dva savremena dijagnostička sistema[12]:

- on – board dijagnostički sistem,
- stacionarni dijagnostički sistem.

On – board dijagnostički sistemi se ugrađuju u vozilo i imaju zadatak da nadziru rad sklopova, uređaja i agregata u toku procesa eksploatacije. Oni su karakteristični po tome što služe da veoma rano upozore na neke neispravnosti, kao što su npr. stanje amortizera, ležajeva pogonskih agregata i dr. Na taj način kao izlaz dobiju se mjerni podaci na osnovu kojih je moguće poduzimati aktivnosti održavanja.

Stacionarni dijagnostički sistem najčešće se postavlja u radionici ili uz prugu. Ukoliko su dijagnostički sistemi postavljeni u radionici utvrđivanje stanja sklopova, uređaja i agregata vrši se kada je vozilo isključeno iz saobraćaja, najčešće u okviru tehničkog pregleda. To su obično specifično razvijeni dijagnostički sistemi koji trebaju kraće vrijeme za dijagnostiku, a time su efikasniji pri tehničkom pregledu. Po svojoj specifičnosti tu prednjače kontrola točkova ICE vozova, ispituje se gazeća površina točkova bez demontaže, a kontroliše se ultrazvukom i vrtložnim strujama. Svi rezultati računarski se analiziraju i daju konačna rješenja.

Ako su dijagnostički sistemi instalirani uz prugu onda se nadziru sklopovi, uređaji i agregati u toku eksploatacije vozila bez zaustavljanja. Princip dijagnostičkog sistema ogleda se u ugradnji važnih detektora sa primjenom različitih dijagnostičkih tehnologija. Najčešći detektori u upotrebi su za: zagrejanost osovinskih ležajeva i točka, buku ležajeva, bočna pomjeranja, proklizavanja točka, performanse obrtnog postolja, udarna opterećenja točkova, profil točkova, otkrivanje dijelova koji

izlaze iz tovarnog profila, video nadzor i kontrolu kola i dr. Tako su razvijene dvije tehnologije stacionarne dijagnostike[13]:

- reaktivni sistemi, detektuju stvarne nedostatke na vozilu, za predviđanje vremena otkaza (karakteristični predstavnici su detektori pregrejanosti osovinskih ležajeva i zagrejanosti točka, proklizavanja točka i detektori za otkrivanje dijelova koji izlaze iz tovarnog profila);
- prediktivni sistemi, osposobljeni za mjerenje, snimanje i predviđanje trendova performansi vozila i specifičnih karakteristika vezanih za vozilo, za predviđanje otkaza i grešaka u budućnosti, a sa ciljem planiranja aktivnosti održavanja (karakteristični primjeri su akustična detekcija otkaza ležaja, mjerenje stanja točkova i performansi vozila kao i video nadzor vozila).

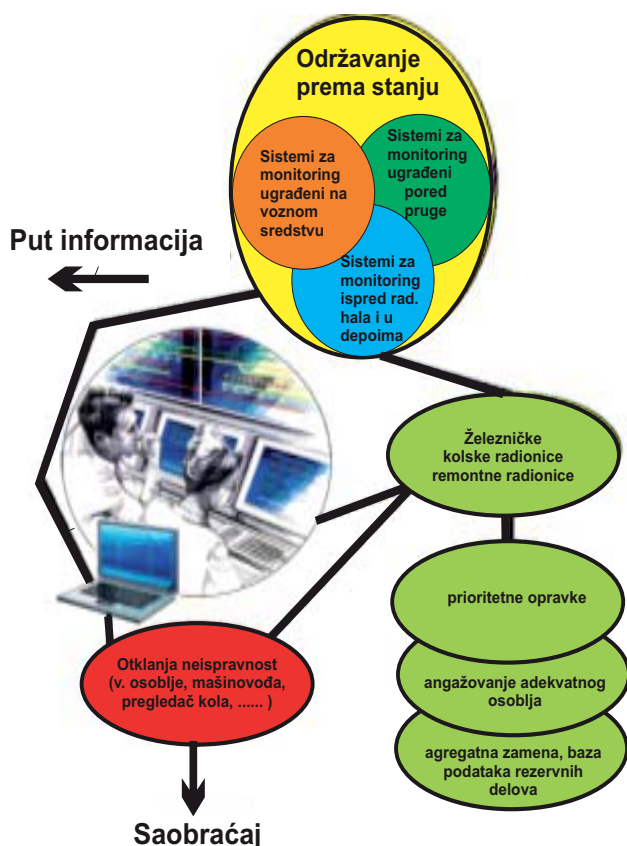
Prilikom odlučivanja o upotrebi sistema za praćenje stanja postoje izvjesni funkcionalni zahtjevi koji su se vremenom nametnuli [4], a to su:

- pružanje informacija o aktuelnom stanju,
- davanje prognoze u vezi sa budućim stanjem,
- detekcija i dijagnostika kvarova u razvoju.

Svi sistemi, u osnovi imaju manje-više slične karakteristike i komponente sa istim ciljem da uoče, tj. da detektuju, a ako je to moguće i izmjere, određene veličine (slika 3). Danas je to veliki spektar proizvoda za praćenje stanja na voznim sredstvima i proizvoda koji su direktno montirani na kola, lokomotive ili su instalirani pored pruge (tzv. pružni sistem za praćenje).

Koji će sistem biti primjenjen, u kom kapacitetu i gdje će biti lociran, zavisi od [6]:

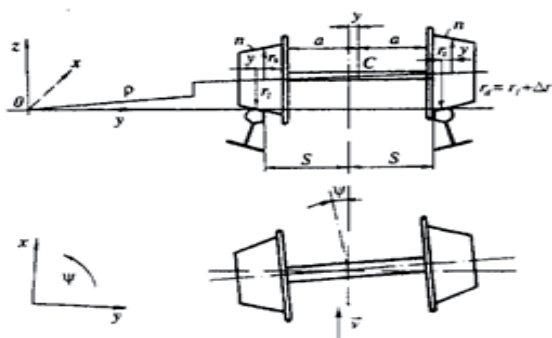
- analize isključenih voznih sredstava (posebno teretnih kola) sa osvrtom na razlog i učestalost,
- karakteristike pruge (specifični uslovi korišćenja kočionog sistema – kočenje na dugim padovima),
- klimatski uslovi (esktremno visoke ili niske temperature, nanosi pijeska ili snijega),
- karakteristika vrste robe koja se prevozi (rude, građevinski materijal, RID materije, razne i sl),
- karakteristika kola koja saobraćaju na prugama,
- metoda održavanja,
- prevoznog puta transporta,
- najzastupljenije vrste prevezene robe.



Slika 3. Savremeni koncept održavanja teretnih kola [5]

Posebna pažnja posvećuje se glavnim neispravnostima (koje znatno smanjuju upotrebnu sposobnost kola i mogu da ugroze bezbjednost) i kritičnim neispravnostima (neispravnosti koje značajno utiču na bezbjednost saobraćaja zato što naglo nastupa ugrožavanje bezbjednosti) [7], a to su:

- pregrejana ležišta,
- pregrejani točkovi,
- ravna mjesta na površini kotrljanja točkova,
- preveliko (ili poremećeno) osovinsko opterećenje.



Slika 4. Razlozi nastanka vijugavog kretanja i kategorizacija jačine buke [7]

4.1. Sistemi za detekciju i monitoring na prugama

Još početkom sedamdesetih godina prošlog vijeka u SAD bili su uključeni brojni tehnički instituti u analizi iskliznuća, oštećenja točkova, naprslih šina i sl. Rezultat analiza bio je uvođenje „Pravilnika o zamjeni točkova” kojim se definisala obavezna zamjena točka poslije bučnih udara (veći od 400 KN koji je detektovao tadašnji sistem).

Iako tada nisu mjerili silu udara (vertikalnu silu), naročito na mjestima pojave ravnog mjesta vidi se koliko su bili blizu tadašnjoj izmjerenoj veličini granične vrijednosti (450 KN za 60mm ravnog mjesta) ranije definisane RIV-om, a sada OUK/AVV-om. Pojavom detektora koji otkrivaju udare oštećenja točka bila je glavna potpora za identifikaciju točkova kod kojih su trčee površine bile oštećene. Sposobnost ovog sistema zavisi od osnovnih elemenata za praćenje stanja i održavanja na osnovu stanja [7], a treba da omogući sledeće:

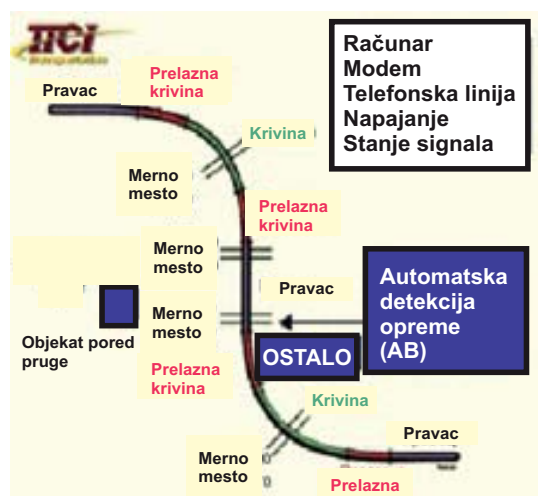
- sakupljanje podataka,
- analizu i tumačenje podataka,
- upotrebu informacija,
- povratne informacije u pogledu održavanja.

Tako npr. WILD tehnologija zasnovana je na mjerenju vertikalnog opterećenja ispod svakog točka, koje se vrši upotrebom senzora odnosno mjernih traka smještenih na šinama. Pored toga što odmah šalje signal upozorenja u upravljačnicu lokomotive voza da je došlo do prekomjernog udara. Takođe, šalje sve podatke o vertikalnom opterećenju u centralnu bazu radi arhiviranja i dalje analize. Poseban problem predstavlja buka koja se stvara kod udarnih opterećenja i koja nije zanemarljiva sa povećanjem površine ravnog mjesta (slika 4).



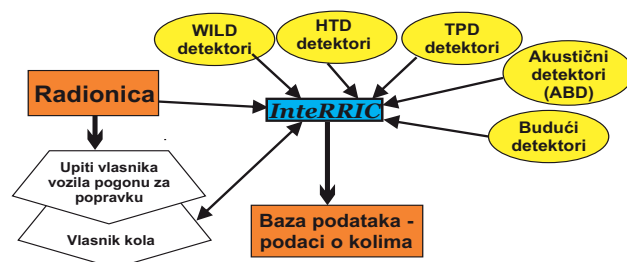
Sistem praćenja ponašanja obrtnog postolja kola „TPD” razvijen je sredinom devedesetih godina, a detektori za praćenje ponašanja obrtnog postolja uvedeni su u velikom broju na glavnim željezničkim linijama SAD. Detektori „TPD” mjere sile točka/šine pomoću senzornih uređaja za mjerenje deformacije usljed dejstva naprezanja na šine na odabranim „S” krivinama. Pojedini „TPD” detektori mogu da mjere i napadni ugao svake osovine u odnosu na šinu (slika 5). Ovaj parametar u kombinaciji sa izmjerenim vertikalnim i bočnim silama obezbjeđuje mnogo veće pogodnosti za prolazak obrtnog postolja kroz krivine.

Sistem za akustičku detekciju u neposrednoj blizini kolosjeka „TADS” preventivni je sistem održavanja ležajeva i projektovan je da identifikuje ležajeve sa unutrašnjim neispravnostima u ranoj fazi otkaza, prije početka katastrofalnog otkaza usljed povećanih temperatura u toku rada. „TADS” se sastoji od serije mikrofona postavljenih u kućišta sa obje strane kolosjeka koje bilježe vremenske podatke o zapisu zvuka svakog neispravnog ležaja. Habanje prstenova i valjaka, a i sama montaža, odnosno neadekvatna sila pritezanja, mogu da izazivaju i zvukove i zagrijavanje. Dalji prenos ove informacije je uobičajen, kao i klasifikacija kvarova rute računara instaliranog u posebnom prostoru pored pruge. Ležajevi kod kojih se pojavljuju unutrašnje deformacije, ili neke druge neispravnosti, mogu da se zamjene prije nego što dođe do većih defekata. Primjenom ovakvih sistema, omogućava se blagovremena zamjena neispravnih ležajeva i sprječava mogućnost iskliznuća i drugih težih vanrednih događaja.



Slika 5. Mjerna mjesta deformacija u „S” krivinama [7]

Udruženje američkih željeznica (AAR) započelo je razvoj integrisanog informacionog sistema željenice (Inter) u 2000. godini. Ogromna korist integrisanog sistema trendiranja bila je ubrzo evidentna jer otvorena je mogućnost korišćenja informacija za monitoring većeg broja detektora, proširenja drugim sistemima, bolji uvid i potencijalno povezivanje informacija iz različitih vrsta detektora da bi se dobio bolji algoritam za detekciju nepotrebnih kvarova, što je omogućilo stvaranje baze podataka o karakteristikama vozila dobijenih iz pojedinačnih izvora (slika 6).



Slika 6. Integrisani informacioni sistem – Inter [4]

Danas Inter ima podatke o tehničkom stanju vozni sredstava na bazi podataka prikupljenim detektorima [4]:

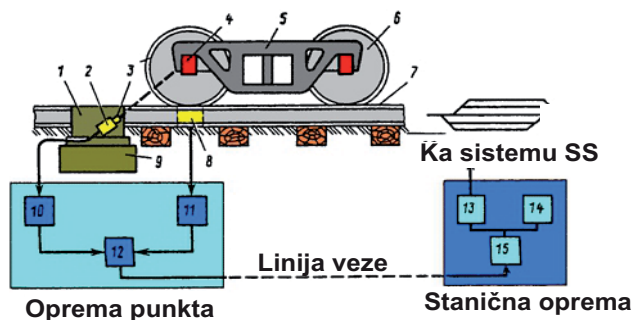
- akustički detektori ležajeva (ABD, TADS),
- detektori vijuganja (HTD),
- detektori tehničkog stanja kolosjeka (TPD),
- detektori opterećenja od udara točka (WILD).

Mnoge željezničke uprave u svijetu na svojim prugama imaju instalirane uređaje za kontrolu pregrijanosti ležišta i za automatsku kontrolu neispravnosti na površini kotrljanja točkova



željezničkih vozila razvijene na prostorima bivšeg SSSR-a. Uređaj tipa KRAP – 2 u stalnoj je eksploataciji od 1982. god. na željezničkoj mreži u bivšem SSSR-u za kontrolu pregrijanosti ležišta, a potom se pojavio PONAB-3. U novije vrijeme razvijena je najnovija generacija sistema za kompleksnu kontrolu tehničkog stanja voza u toku vožnje tipa DISK – BK – C.

Princip detekcije uređaja PONAB – 3 zasniva se na prijemu infracrvenog zračenja kućišta ležišta od strane osjetljivih elemenata, pretvaranju ovog zračenja u električni signal, izdvajanju po određenim kriterijumima od havarisanih (pregrijanih) ležišta i formiranju, predaji i registraciji informacija o položaju pregrijanog ležišta u vozu. Na slici 7 prikazana je šema strukture uređaja za detekciju pregrijanih ležišta.



Slika 7. Šema strukture uređaja za kontrolu ležišta kola [4]

Sistem KRAP – 2 namjenjen je za automatsko detektovanje kola u vozovima sa neispravnostima na površini kotrljanja točkova u vidu: ravnih mjesta, čupanja materijala, naljepnica ili neravnomjernog habanja profila. Princip rada uređaja zasniva se na mjerenju i analizi vibracionih i udarnih ubrzanja šina koja nastaju kod prolaza točkova. Šema strukture uređaja KRAP – 2 analogna je šemi strukture uređaja PONAB – 3.

Sistem novije generacije za kompleksnu kontrolu tehničkog stanja voza u toku vožnje je tipa DISK – BK – C [7], koji u sebe uključuje podsisteme za:

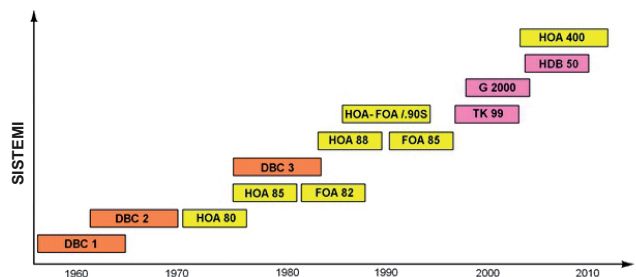
- otkrivanje neispravnosti na površini kotrljanja točka,
- otkrivanje pregrijanih ležišta,
- otkrivanje dijelova voza koji se vuku po kolo-sjeku,
- otkrivanje blokiranih točkova,
- kontrolu tovarnog gabarita kola,

- preopterećenja kola,
- određivanje granične vrijednosti habanja točkova,
- otkrivanje oštih vjenaca točkova,
- drugih neispravnosti točkova.

Sistem koji se koristi da mjeri vertikalne sile u šini svakog pojedinačnog točka omogućio je od uvođenja sistema da se alarmiranje za udar točka silom od preko 350 kN smanji za 80% u toku prve dvije godine funkcionisanja, a sličan trend je zabilježen i u Španiji 2003. godine. Nakon što se pojavljuju razni sistemi, u Holandiji se pojavljuje GOTCHA sistem za detekciju ravnih mjesta na točku. Sistem za mjerenje osovinskog opterećenja, QUO VADIS sistem, jeste sistem za mjerenje u pokretu i 2005. godine instaliran je na čak 38 lokacija. Oba sistema koriste tehnologiju optičkih vlakana, a senzori su ispod šine.

Kod operatera došlo je do povećanja kvaliteta korišćenja točkova i istovremeno smanjenja troškova održavanja. Primjenom sistema broj polomljenih opruga, bočnih klizača, gibnjeva kao i broj pregrijanih ležajeva sveden je na minimum. Za upravljače infrastrukture sistemi su dali bolji uvid u stvarnu upotrebu pruga, koliko bruto tona realizuju na pruži. Npr. tokom 2004. godine pokazao je da je tonaža 16% veća od tonaže na osnovu informacija registrovanih prilikom prijema robe na prevoz.

Francuska firma CSE TRANSPORT i njemačka SIGNALTEHNIK koncipiraju, razvijaju i proizvode već više od pet decenija sisteme za monitoring – detekciju pregrijanih ležišta osovinskih sklopova i pregrijavanja točka usljed blokiranja kod kočenja i drugih karakterističnih parametara. Razradili su čitavu familiju uređaja za sve vozove, od teretnih do putničkih vozova velikih brzina (sl. 8).



Slika 8. Razvojni put monitoring sistema [7]

Izuzetno pozitivni rezultati postignuti su već sa NOA80, dok sa pojavom vozova velikih brzina

NOA – FOA/90S nalazi pravu primjenu (ICE – Njemačka, AVE – Španija i TGV – Francuska). Do sada je montiran veliki broj ovih sistema (obično na rastojanjima ne većim od 30 km) prije ulaska u tunele, prije nailaska na mostove, a pokrivena su glavne pruge (koridori). Danas se došlo do sistema HOA400, a zajedničko za sve ove sisteme je:

- primjena za brzine vozova do 360 km/h,
- modularni sistem, koji pruža mogućnost proširenja prema želji korisnika,
- uočavanje i mjerenje temperature točkova, kočionih diskova, i
- standardni hardver i obrada podataka itd.

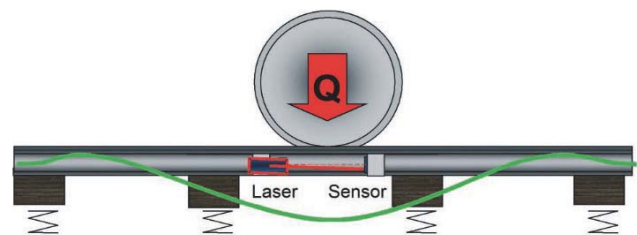
Tokom poslednjih deset godina nekoliko evropskih zemalja izvršile su promjenu programa i po pitanju zamjene postojećih detektora pregrijanih ležišta i po pitanju povećanja gustine rasporeda ovih sistema u okviru mreža pruga.

FÜS II EPOS (ProgressRail) sistem jegdje svaki IC skener ima jedan infracrveni linijski detektor koji može da se skenira (upravno na pravac kretanja) i pri brzinama do 600 km/h. U standardnoj konfiguraciji sistem se sastoji od tri do četiri modulatorna skenera, koji pokrivaju osovinske ležajeve, točkove i kočione diskove (slika 9).



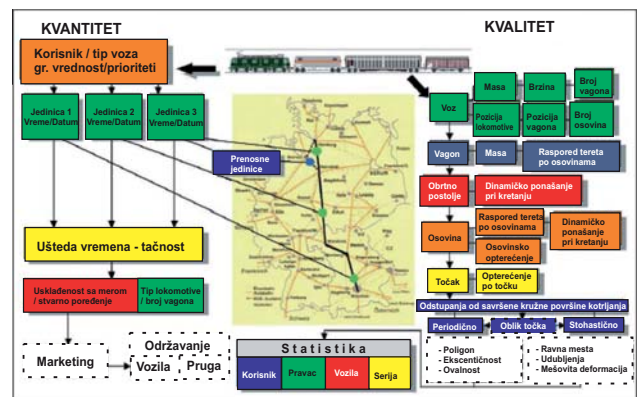
Slika 9. Detektor FÜS II za otkrivanje pregrijanih točkova, ležaja i blokiranih kočnica [5]

LASCA sistem koji je instaliran je na mreži pruga DB, od 2001.godine razvijen je od strane firme „INNO tecGmb H Evrope“. Sistem je zasnovan na istoimenoj laserskoj vagi, koja mjeri opterećenje na točku na osnovu ugibanja šine. Veličina ugiba zavisi od sile kojom točak djeluje na šinu i njegove relativne pozicije u odnosu na senzor (slika 10). Tada dolazi do skretanja laserskog zraka u odnosu na nulto podešavanje, a ovo skretanje bilježi veoma osjetljiv senzor sa odličnom linearnošću i unosi se u računar za obradu kao izmjerena vrijednost.



Slika 10. Šematski prikaz principa rada LASCA senzora [8]

Izlazni podaci LASCA sistema dostupni su različitim korisnicima i prikazani su na slici 11.



Slika 11. Pregled izlaznih podataka iz LASCA sistema [7]

Sistem BMV (Brake Pad Wear Monitoring) ima zadatak, prije svega, da provjerava ispravnost kočnih umetaka u vozove kada su u saobraćaju ili u povratku vozne garniture u depo. Sistem je konstruisan za svakodnevno praćenje tako da može biti otkrivena neispravnost i poslato upozorenje službi za održavanje. Sistem je otporan na vibracije i atmosferske promjene (niske temperature, vjetar, sunčevu svjetlost itd.). Uobičajeno se postavlja na prag ispod šina, dok se sistem za obradu nalazi u ormaru sa opremom pored kolosjeka. Utvrđivanje ispravnosti kočnog umetka sprovodi se optičkim digitalnim snimanjem posebnom kamerom koja je postavljena uz šinu i usmjerena ka podsklopu kočnice (slika 12).



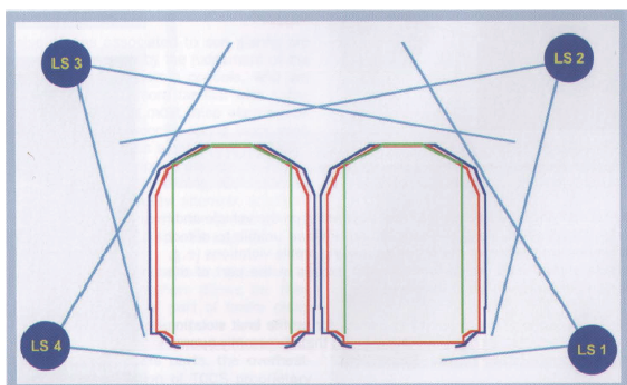
Slika 12. Mjerna oprema za jedan osovinski sklop [8]

Konfiguracija mjernog sistema zavisi od vrste kočnice [8] i sastoji se od:

- dvije mjerne glave uz svaku šinu, jedna sa svake strane (ukupno 4) za disk kočnicu,
- dvije mjerne glave, jedna sa svake strane kolo-sijeka za kočnice sa papučama.

Svaka mjerna glava sastoji se od kamere i sistema za osvjetljenje koji daju uniformnu svijetlost ka oblasti za slikanje.

TCCS sistem kontrolni je sistem koji omogućava mjerenje i detekciju niza funkcija nedostataka kod voza u pokretu. Ovaj sistem je razvijen 2003. godine od strane multidisciplinarnog tima i njegova prva komercijalna instalacija je uspješno testirana na RFI u julu 2009. godine na relaciji Rim – Formia – Napulj (slika 13).



Slika 13. Položaj laserskih zraka [8]

Veoma važan slučaj su otvorena kola kod kojihsu greške u opterećenju i tovarnom profilu dva osnovna uzroka teških incidenata. Primjena specifičnog limitiranja profila diktira pravila utovara i podrazumjeva izračunavanje maksimalnog opterećenja u funkciji broja osovina i uzdužne zavisne pozicije na kolima. TCCS precizno obavlja ovu verifikaciju zahvaljujući prepoznavanju vozila, mjerenju oblika osovina i preciznom 3D profilisanju. Dva laserska skenera pozicionirana neposredno iznad ravnih kotrljanja omogućavaju da se dobije tačan profil donjeg dijela voznih sredstava uključujući konveksnost površina, što je nevidljivo za neke druge tehnologije i profilisanje konfiguracija senzora.

5. PRIMJENA SAVREMENIH POSTUPAKA ODRŽAVANJA ŽELJEZNIČKIH VOZILA U BOSNI I HERCEGOVINI

Savremeno održavanje željezničkih vozila se zasniva na konceptu održavanja prema stanju. Suština savremenog pristupa održavanja željezničkih vozila

nalazi se u pripremi pouzdane dijagnostike i obradi sistematizovanih mjernih podataka. Potrebno je sačiniti osnovu za sprovođenje održavanja prema stanju kroz precizan opis individualnih uloga i funkcije sklopova unutar vozila, odabrati dijagnostičku metodu i opremu koja se instalira na vozilo, zatim obezbijediti da se registrovani podaci arhiviraju i sistematizuju da bi se na osnovu njih donosile odluke o sprovođenju aktivnosti održavanja. Kako su u savremena željeznička vozila ugrađena brojna elektronska, senzorska i informatička tehnička rješenja, da se vozilom upravlja računarom, kako u vozilu tako i van njega uz stalno praćenje brojnih parametara na agregatima vozila, to zahtijeva i visokoobrazovanu posluđu u rukovanju i održavanju.

U području stanice Doboj (pruga Šamac – Doboj) ugrađen je u maju 2017. godine „hotbox” sistem. Vanjska oprema sistem ugrađena je na desnom kolosjeku (smjer Doboj), dok je unutrašnji dio opreme ugrađen u staru APB kućicu (slika 14). Udaljeni terminal za dojavu rezultata mjerenja ugrađen je u kancelariji otpravnika vozova u Doboju. Sistem je trenutno u probnom radu, tokom kojeg će se rezultati aktivno pratiti kako bi se opravdala investicija u mjerno – dijagnostičke sisteme na prugama željeznica Republike Srpske.



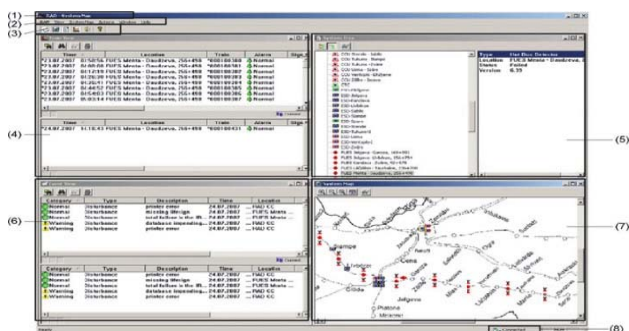
Slika 14. „Hotbox” sistem ugrađen na lokaciji Doboj [14]

„Hotbox” sistem mjeri tj. nadzire temperaturu osovinskih ležajeva i kočnica bez kontakta sa mjernim elementima. Može se upotrebljavati na konvencionalnim prugama, kao i na prugama velikih brzina. Mjerenje temperature obavlja se prema principu elektromagnetnog zračenja koje emituje svaki predmet iznad apsolutne nule. Intenzitet elektromagnetnog zračenja ovisi od temperature mjernog predmeta.

Kada se željeznički točak približi uređaju on aktivira senzore točka i tada počinje mjerenje. Rezultati mjerenja arhiviraju se, a u slučaju otkrivanja pregrijanosti alarm se javlja odgovornom licu koji poduzima unaprijed predviđene mjere. „Hotbox“ sistem daje nam sledeće informacije [15]:

- tip alarma (vruće, pregrijano),
- vrijednost izmjerene temperature,
- mjesto na pruzi na kojem je mjerenje obavljeno,
- mjesto na vozilu na kojem je mjerenje obavljeno,
- broj osovine na kojoj je alarm detektovan,
- strana vozila na kojoj je alarm detektovan,
- smjer kretanja voza.

U svrhu sprovođenja ovakvog sistema na prugama BiH, u okviru projekta probne ugradnje, odabran je sistem za nadzor temperatura osovinskih ležajeva tipa FUES –EPOS (statički sistem za nadzor temperature osovinskih ležajeva i kočionih elemenata na željezničkim vozilima). U cilju praćenja rada uređaja koji mjeri temperaturu osovinskih ležajeva, kočionih diskova i oboda točka, izdaje se naredba kojom će biti definisane obaveze otpravnika vozova odnosno operatora u praćenju rada sistema. Ukoliko se na displeju ne prikaže glavni prozor sistema, otpravnik vozova je dužan da zavede smetnju u dnevniku V-11, koji je uveden isključivo za evidenciju smetnji i alarma na sistemu za nadzor temperature osovinskih ležajeva, kočionih diskova i oboda točkova željezničkih vozila (slika 15).



Slika 15. Glavni prozor sistema [16]

Prilikom prolaska voza preko Hotbox sistema postavljenog na kolosjeku, softver u glavnom prozoru Train View (slika 15, dio 5), evidentira sledeće identifikacije voza:

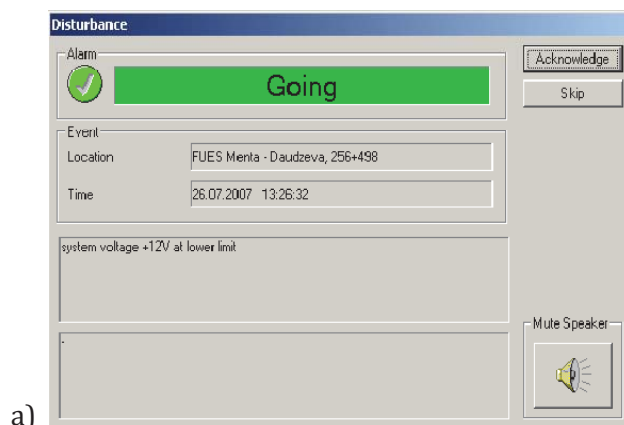
Ikona	Indikacija statusa voza	Opis
	Zeleno	Status voza „normalan“.
	Žuto	Status voza „upozorenje“.
	Crveno	Status voza „kritično“.
	Bez boje	Status voza „nepoznat“.

Slika 15, dio 5

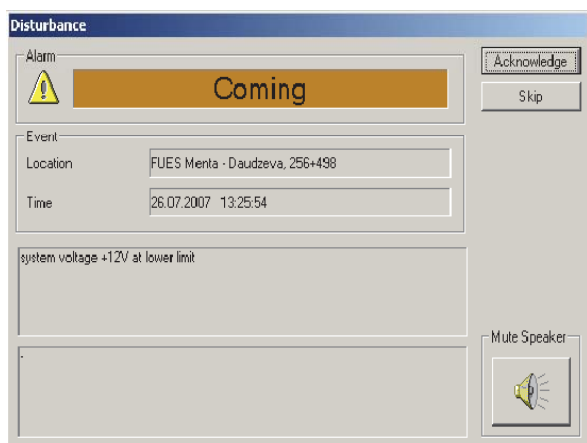
U slučaju pojave identifikacije statusa voza „upozorenje“ (žuto zvono) i upozorenje „kritično“ (crveno zvono), otpravnik vozova, odnosno operator je dužan da obavjesti nadzornika pregledača kola i otpravnika vozova putničke stanice o nastalom statusu voza, kako bi se mogle poduzeti odgovarajuće mjere. U slučaju pojave identifikacije statusa voza „nepoznat“ (zvono bez boje), otpravnik vozova postupa na već prethodno pomenut način, uvodi smetnju u dnevnik V – 11 i prijavljuje na ŽAT centralu.

Ako se pojavi identifikacija smetnji u obliku skočnog prozora prikazanog na slici 58, koji pokazuje da trenutni događaj ima status „normalan“, otpravnik vozova odnosno operator će da izabere opciju Acknowledge kojom će da potvrdi normalan status događaja.

Ukoliko se pojavi identifikaciona smetnja u obliku skočnog prozora kao na slici 16, koji pokazuje da trenutni događaj ima status „upozorenje“ zbog greške na sistemu, otpravnik vozova će zvesti smetnju u dnevnik V – 11 i prijaviti smetnju na ŽAT broj 100.

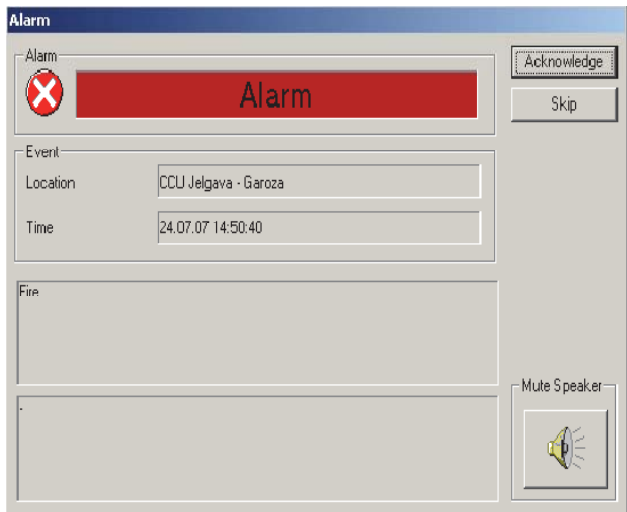


a)



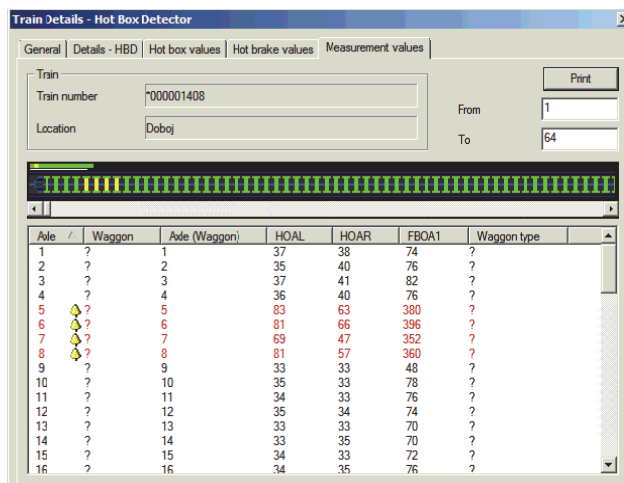
b) Slika 16. Identifikacija statusa voza: a) „normalan“
b) „upozorenje“ [17]

Ako se na displeju pojavi identifikacija u obliku skočnog prozora (slika 17), koja pokazuje da trenutna smetnja ima status „kritična smetnja/reakcija neophodna“, zbog greške na sistemu ili izmjerenih parametara na vozu, otpravnik vozova, odnosno operater, dužan je da zavede status u dnevnik V – 11, prijavi smetnju na ŽAT broj 100, obavjesti nadzornika pregledača kola i otpravnika putničke stanice o nastalom statusu voza.



Slika 17. Identifikacija statusa voza „kritično“ [17]

U nastavku se može vidjeti primjer dojave pregrijanih osovinskih ležajeva i oboda željezničkih točkova iz Doboja, registrovan 23.8.2017. godine (slika 18). Uređaj je konfigurisan tako da iznad 70°C alarmira operatera u slučaju pregrijanih osovinskih ležajeva (stupci HOAL i HOAR) a iznad 300°C u slučaju pregrijanih oboda željezničkih točkova (stupac FBOA1).



Slika 18. Primjer alarma pregrijanih osovinskih ležajeva i oboda točkova 23.8.2017, Dobjoj [14]

Najvažnije je naglasiti kako rad ovih sistema ne ugrožava radna mjesta, npr odjela pregledača kola. Dodjeljivanje mjerno – dijagnostičkih sistema odjelu pregledača kola predstavlja možda i najlogičniji put, koji bi modernizovao taj odjel te poslužio kao sredstvo za kvalitetniji pregled željezničkih vozila.

Opremanje kompletne željezničke mreže odgovarajućim brojem mjerno – dijagnostičkih sistema, omogućavaju se, pored već spomenutog kvalitetnog i pouzdanog pregleda željezničkih vozila, i mnoge druge analize u svrhu kvalitetnijeg održavanja vozila i infrastrukture. S podacima dobijenim iz rezultata mjerenja mjerno – dijagnostičkih sistema, moguće je promijeniti pristup u nadzoru ispravnosti i održavanja željezničkih vozila. Time bi se promijenila praksa koja se već decenijama praktikuje u našim krajevima, a to je ručni pregled vozila i ne vođenje adekvatne analize stanja željezničkih vozila što nam onemogućava preventivno održavanje i posljedično ima loš uticaj na sigurnost željezničkog saobraćaja.

6. ZAKLJUČAK

Blagovremeno uočavanje tehničkih neispravnosti i izbjegavanje naknadnih oštećenja pruža mnogo prednosti za obavljanje željezničkog saobraćaja: povećanje bezbjednosti, izbjegavanje smetnji u saobraćaju, smanjivanje troškova zbog izbjegavanja nesreća, manji rizik u prevozu opasne robe, smanjenje rizika od udesa u tunelima, bolji kvalitet saobraćaja, produženje rokova revizije i održavanja vozila, optimizacija upravljanja

saobraćajem, smanjenje aktivnih radova na održavanju pruga, smanjenje opterećenja gornjeg stroja.

U ovom radu posebna pažnja posvećena je savremenom načinu održavanja željezničkih vozila, odnosno, u najvećoj mjeri, kontroli i mjerenju temperatura osovinskih ležajeva, kočionih diskova i oboda točkova. Suština savremenog načina održavanja željezničkih vozila ogleda se u pripremi pouzdane dijagnostike i obradi sistematizovanih mjernih podataka. Na osnovu iskustava mnogih željeznica u Evropskoj uniji može da se istakne da je ugradnja ovakvih sistema veoma isplativa. Oni su veoma efikasni jer blagovremenim uočavanjem tehničkih neispravnosti izbjegavaju se naknadna oštećenja što pruža mnogo prednosti za obavljanje željezničkog saobraćaja.

Identifikacija tehničkog rizika i procjena da li može doći do incidenta na voznom sredstvu, odnosno infrastrukturi, jeste osnovni cilj sistema za detekciju. Sa odgovarajućim brojem mjernih uređaja na mreži pruga, umreženih i organizovanih kao operativni centar, dodatno se obezbjeđuje [11]:

- obogaćivanje mjernih podataka sa podacima o vozovima (polazna i krajnja stanica, sastav, bruto masa itd.), pa se optimizovani interventni proces može pravovremeno pokrenuti,
- značajno smanjeno zaustavljanje za vozove sa neispravnim kočnicama zahvaljujući podršci mašinovođi od strane osoblja operativnog centra,
- rano otkrivanje problema na vozu, što omogućava zaustavljanje vozova na pogodnim lokacijama,
- praćenje vozova i vozila na mreži,
- sposobnost podešavanja alarma po vozilu u zavisnosti od specifikacije ili njegovog specifičnog opterećenja,
- postojanje strategije preventivnog održavanja pošto se date aktivnosti održavanja zasnivaju na stanju voznog sredstva i infrastrukture.

Realizacijom projekta ugradnje mernih stanica za dinamičku kontrolu tehničkog stanja voznih sredstava Željeznice Republike Srpske uključice se u savremeni evropski transportni sistem kroz značajno podizanje nivoa pouzdanosti i kvaliteta usluga. Mjerna stanica („HotBox“) u Doboju u

potpunosti je opravdala svoju namenu i predstavlja jedan od prvih koraka na ovom putu.

LITERATURA:

- [1] V. Aleksandrov, Održavanje željezničkih vozila, Želznid, Beograd, 2000. god.
- [2] Pravilnik o održavanju željezničkih vozila – 241, ŽRS, 2010. god.
- [3] Adamović, Ž., Totalno održavanje, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 2003. god.
- [4] Ž. Đorđević, J. Tepić, G. Stojić, Monitoring Systems for Work Maintenance of Rolling Stock, Proceedings / XVII Scientific Expert Conference on Railways – RAILCON '16, October 13 - 14, 2016, Niš ; pp 177-180, Editor: Miloš Milošević i Dušan Stamenković, Niš: Faculty of Mechanical Engineering, 2016. ISBN 978-86-6055-086-8
- [5] Đorđević Ž., Tepić J., Kostelac M., Tanackov I., Vukadinović V., Razvoj sistema za dinamičku kontrolu železničkih vozila: primer Železnica Srbije, Novi Horizonti, Doboj. 23.11.2013.
- [6] Đorđević, Ž.: Razvoj dijagnostičkog sistema za održavanje teretnih kola, magistarski rad, Mašinski fakultet u Nišu, 2012. god.
- [7] Đorđević Ž.: Modeli za unapređenje održavanja željezničkih vozila primjenom savremenih dijagnostičkih sistema, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, 2015. god.
- [8] Ž. Đorđević, J. Tepić, Z. Bundalo, N. Kecman, S. Aćimović, Systems for monitoring and disclosure failure on railway wagons, HORIZONS, International Scientific Journal, Series B, Natural Sciences and Mathematics, Engineering and Technology, Biotechnology, Medicine and Health Sciences, Year X, Volume 3, pp 483-494, December 2016. Bitola, Publisher: "St. Kliment Ohridski" University – Bitola, DOI 10.20544/HORIZONS.B.03.1.16.P48, ISSN 1857-9892, UDC 656.223.2:005.584
- [9] S. Vesković, Ž. Đorđević, G. Stojić, J. Tepić, I. Tanackov, Necessity and effects of dynamic system for railway wheel defect detection, Metallurgy, Croatian Metallurgical Society, No.51/3, 2012, ISSN: 0543-5846

- [10] S. Vesković, J. Tepić, M. Ivić, G. Stojić, S. Milinković, Model for Predicting the Frequency of Broken Rails, Metallurgy, Croatian Metallurgical Society, No.51/2, pp. 251-255, 2012, ISSN: 0543-5846; METABK 51(2) 221-224 (2012); UDC: 621.747 : 621.006.2 : 658.564 = 111
- [11] Ž. Đorđević, M. Vasiljević, S. Vesković, S. Rajilić, V. Vukadinović Fuzzy Model for Predicting the Number of Deformed Wheels, Metallurgy, Croatian Metallurgical Society ISSN 0543-5846; UDC: 629.11.012.3.004.64:625.2.01.004.05:621.72=111
- [12] S. Janković, Ž. Đorđević, S. Mladenović, S. Vesković, I. Branović, A data base for dynamic monitoring of the rolling stock, IV Međunarodni simpozijum: Novi Horizonti 2013, Univerzitet u Istočnom Sarajevu Saobraćajni Fakultet Doboj, 22. i 23. novembar 2013, pp. 212-217, ISBN 978-99955-36-45-9
- [13] Janković S., Đorđević Ž., Branović I., Rajilić S., Vesković S. "Database to support optimization of rolling stock maintenance in Serbian rail ways", XVI Scientific-Expert Conference on Railways - RAILCON '14, Organized by] University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, pp 149-152, October 09-10. 2014, Niš, Serbia, editor Dušan Stamenković - Niš: Faculty of Mechanical Engineering, ISBN 978-86-6055-060-8
- [14] ALTPRO d.o.o. Zagreb (2014). Tehnički opis sustava za nadzor temperature osovinskih ležajeva, kočionih diskova i papuča te oboda željezničkih kotača
- [15] Tehnički opis sustava za nadzor temperature osovinskih ležajeva, kočionih diskova i oboda kotača željezničkih vozila FUES-EPOS
- [16] Upute za korištenje softvera FUS – EPOS
- [17] Naredba 02/17, Sekcija za STD Doboj, RJ Doboj, 2017. god.