

ŽIVOTA ĐORĐEVIĆ¹, JOVAN TEPIĆ²

MODEL ZA UNAPREĐENJE ODRŽAVANJA ŽELEZNIČKIH VOZNIH SREDSTAVA PRIMENOM DIJAGNOSTIČKIH SISTEMA

THE MODEL FOR THE IMPROVEMENT OF MAINTENANCE OF RAILWAY ROLLING STOCK USING THE DIAGNOSTIC SYSTEMS

Datum prijema rada: 29.4.2016. god.

UDK: 629.4.083

REZIME

Blagovremenim uočavanjem neispravnosti na voznim sredstvima, ali i infrastrukturi predupređujemo naknadna oštećenja, vanredne događaje i smetnje u saobraćaju što neminovno povećava bezbednost i pruža mnogo prednosti za obavljanje železničkog saobraćaja. Prvi korak u procesu praćenja i upravljanja održavanjem vozniha sredstava je definisanje kritičnih parametara (identifikacijom najuticajnih parametara na stanje radne ispravnosti železničkih vozila i infrastrukture). Praćenje tih, određenih parametara u jednoj tački u železničkoj terminologiji poznato je kao „merna stanica“ za dinamičku kontrolu tehničkog stanja, pre svega vozniha sredstava. Drugi korak je obrada i analiza podataka prikupljenih sa mernih stanica, a treći korak je konkretna primena prikupljenih podataka u funkciji održavanja prema tom dijagnostifikovanom stanju. U ovom radu prikazana je baza podataka koja omogućava skladištenje i analizu podataka prikupljenih sa mernih stanica. Arhivira se niz podataka: identifikacioni broj, datum i vreme saobraćanja voza, ime merne opreme, broj koloseka, masa kola, masa po osovini i točku, ravne površine na krugu kotrljanja točka, detekcija pregrejanih ležajeva i blokiranih kočnica, itd. Nad bazom podataka generisani su brojni upiti čiji rezultati predstavljaju ulazne parametre u procesu optimizacije održavanja vozniha sredstava. Ovim se stvaraju i uslovi za novi pristup održavanju na osnovu stanja. **Ključne reči:** vozna sredstva, dinamičko praćenje, merna stanica, baza podataka, upravljanje održavanjem.

SUMMARY

Early recognition of technical failure and subsequent avoidance of damage to rolling stock offers many advantages for the performance of rail transport: increased security, interference avoidance in traffic, reducing costs by avoiding accidents, extension of time limits and maintenance wagon review, optimization of maintenance of rolling stock. The first step in the process of monitoring and managing the maintenance of the rolling stock is installing monitoring stations for dynamic control of the technical state of the wagon. The second step is the processing and analysis of data collected from the monitoring stations. In this paper we developed a database that enables the storage and analysis of collected data from the measuring station. The following data is stored: ID, date and time of the train, the name of the measuring equipment, number of the track, wagon weight, weight per axle, the weight on each wheel, the flat surface of garland point, detection of overheated bearings, detection of locked brakes, etc. Over the database were generated numerous queries whose results can represent the input parameters in the optimization of maintenance of rolling stock. Also displayed is a complex model to optimize the location of monitoring stations on the railway network based on fuzzy logic and MCD. **Key words:** rolling stock, dynamic monitoring, measuring station, database, maintenance management.

1 Dr Života Đorđević, dipl. inž. maš, Železnice Srbije“ ad, Nemanjina 6, Beograd, zivota.tks@gmail.com

2 Prof dr Jovan Tepić, dipl. inž. maš, Univerzitet u Novom Sadu – Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, jovan.tepic@uns.ac.rs

1. UVOD

Železničke usluge postaju sve zahtevnije. Povećanje mase i brzine vozova uslovljava snažnije lokomotive, što izaziva povećanje osovinskog opterećenja i dovodi do povećanog opterećenja na šinama i svih elementa na pruži. Održavanje vozila i infrastrukture je značajno promenjeno sa zahtevima dostupnosti i pouzdanosti tehničkih sistema, a zasniva se na razvoju preventivnog održavanja.

Našim prugama saobraća veliki broj različitih tipova teretnih kola, čije tehničko stanje uglavnom zavisi od zemlje od koje su ona uvrštena u kolski park. Našu zemlju i zemlje „tranzicije” – istočne Evrope karakterišu kola velike starosti i loše održavanje, što železnički teretni transport dovodi u fazu funkcionisanja sa smanjenim efektom. Kada se tome pridoda i zapuštena infrastruktura, zastareli pogoni za održavanje, tehnološki zaostatak u odnosu na razvijene železnice, velika inertnost sistema, onda se polako kompletira slika o železnici, koja ukazuje da je to sistem koji treba temeljno rekonstruisati.

2. DEFEKTI TERETNIH KOLA I USLOVI EKSPLOATACIJE

Vek trajanja vozničkih sredstava zavisi, pre svega, od kvaliteta ugrađenih komponenti u procesu izgradnje. Do promene stanja železničkih vozila u eksploataciji dolazi: usled habanja, korozije, zamora, starenja, preopterećenja, greške u samom delu, uslova korišćenja, pogrešnog rukovanja itd. Ako vozila tokom eksploatacije nisu izložena preopterećenju i ekstremnim uslovima, te ako je dobro održavanje i vremenski efikasno, vek vozila će biti duži, a istovremeno se povećava dostupnost vozila za efikasno obavljanje prevoza.

Uslovi eksploatacije obuhvataju čitav kompleks uzajamno povezanih događaja koji utiču na tehničko stanje vozila. Glavni parametri koji utiču na uslove eksploatacije železničkih teretnih kola su: profil pruge, transportno opterećenje, broj zaustavljanja voza, kvalifikacija i umešnost mašinovođe, sezonske promene klimatskih uslova i režima rada, stanje proizvodne baze preduzeća i obezbeđenje rezervnim delovima i materijalima, itd.

Prema sadašnjim iskustvima, postojećim studijama i analizama, kod nas i u svetu, najveći procenat vanrednih događaja u železničkom saobraćaju, koji su direktno uticali na bezbednost, posledica su neispravnosti trčećeg stroja i kočnica.

Brojne su neispravnosti prethodno navedenih podsistema, a osnovne grupe neispravnosti su:

- oštećenje na površini kotrljanja točkova preko kojih se ostvaruje neposredno kretanje vozila po šinama koloseka,
- pregrevanje točkova usled nepravilnog kočenja ili neispravnosti kočnica (najčešće blokiranje),
- pregrevanja kočionih diskova kod vozila sa disk-kočnicama zbog prethodno navedenih razloga,
- pregrevanje ležišta, osovinskih sklopova preko kojih se težina sanduka vozila i težina tereta prenosi na točkove, a preko njih na šine i
- ostala oštećenja osovinskih sklopova uslovljenih napred navedenim osnovnim neispravnostima njihovih elemenata (labavost točkova, promena geometrijskih mera i dr.).

Pored navedenih neispravnosti bezbednost saobraćaja, može biti ugrožena i prekoračenjem dozvoljenog osovinskog opterećenja, odnosno opterećenja po točku, kao i prekoračenjem dozvoljenog tovarnog profila. Na slici 1 dat je prikaz oštećenja na točku.



Slika 1. Oštećenja bandaža točka

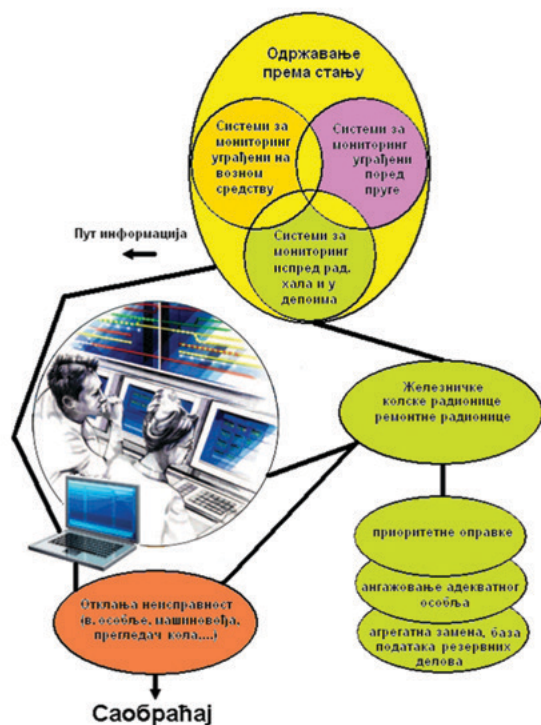
3. SAVREMENI KONCEPT ODRŽAVANJA ŽELEZNIČKIH VOZILA

Modernizacija održavanja železničkih vozila u Srbiji je, pored izgradnje i rekonstrukcije železničke infrastrukture, proces koji može da podigne železnički transport na viši nivo i da tako poveća efikasnost i konkurentnost. Da bi se utvrdili predlozi razvoja i unapređenja održavanja železničkih vozila, a time i železničkog transporta u celini, neophodno je izvršiti identifikaciju uticajnih parametara na stanje radne ispravnosti železničkih vozila, analizu otkaza železničkih vozila uopšte, istraživanje savremenih tehnologija monitoringa i dijagnostičkih metoda i na kraju definisati predlog za razvoj dijagnostičkog sistema na prugama za nadzor železničkih vozila u toku eksploatacije.

Najveći broj oštećenja na vozilima moguće je utvrditi u dinamičkim uslovima, a ne samo kada su vozila u stanicama. Dakle, celishodno je da se obavi praćenje stanja, pojedinih delova i sklopova još u fazi vožnje. Razvoj elektronike, senzora i računarske tehnologije, omogućio je uvođenje on-board dijagnostike. Merni sistemi instalirani su u vozilu, a koriste se za

kontinuirano praćenje uređaja u radu. Stacionarni dijagnostički sistemi se pak koriste za povremene periodične sigurnosne kontrole železničkih vozila i oni su instalirani duž pruge.

Moderni dijagnostički sistemi [1] poboljšali su značajno stalni nadzor železničkih vozila i povećali efikasnost održavanja. Pored toga, neophodno je da se registrovani merni podaci snimaju i sistematizuju kako bi se, na osnovu njih, donosile odluke za sprovođenje određenih aktivnosti održavanja. Suština savremenog pristupa održavanju šinskih vozila je u dijagnostici i pouzdanom tretmanu sistematizovanih mernih podataka, kao i razvoju sistema održavanja prema stanju, a ne prema vremenskim kategorijama (slika 2).



Slika 2. Savremeni koncept održavanja teretnih kola

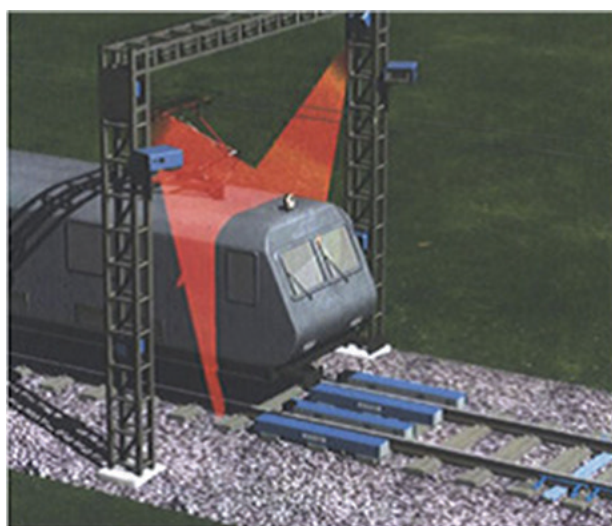
4. SAVREMENE TEHNOLOGIJE ZA PRAĆENJE ŽELEZNIČKIH VOZILA

Stacionarni dijagnostički sistemi, instalirani na pruži ili u depoima, mere više parametara i predstavljaju mernu stanicu za dinamičku kontrolu železničkih vozila. Ovakva kontrola vozila, u okviru redovnog rada, izvodi se bez njihovog zaustavljanja. Prvi stacionarni dijagnostički sistemi na prugama razvijeni su u šezdesetim godinama XX veka u SAD, ali je njihova upotreba višestruko porasla u poslednjih 20 godina. Prvi instalirani tipovi detektora, bili su detektori buke ležajeva, bočnog pomeranja, performansi obrtnih postolja i profila točka. U zemljama EU dolazi do intenzivnog razvoja uređaja za praćenje, što je dovelo do vrlo povoljnih rezultata u smanjenju defekata vozila.

Merne stanice, instalirane duž pruge obično imaju za cilj sledeće:

- detekciju pregrevanja ležajeva i točkova,
- otkrivanje delova kola van tovarnog profila,
- proveru podignutosti pantografa,
- akustično otkrivanje defektiranih ležajeva,
- praćenje istrošenosti kočionih umetaka,
- praćenje stanja profila i prečnika točkova,
- praćenje geometrije obrtnog postolja i dr.

Kontrola – merenje profila voza se obavlja preko sistema za merenje, zasnovanog na merenju laserskim daljinomerom, u kombinaciji sa visokim frekvencijama skeniranja (slika 3). Ovaj dijagnostički sistem meri profil voza u pokretu i može odrediti meru tovarjenja teretnog voza.



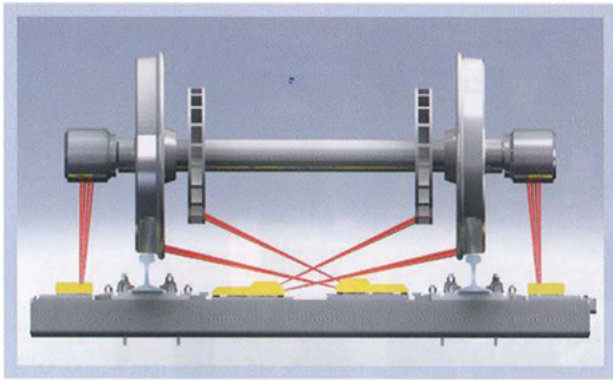
Slika 3. Sistem dijagnostike tovarnog profila voza

Tehnologija aplikacije akustičnih metoda koristi mikrofone za snimanje zvuka vozila koja prolaze. Akustični sistem za detekciju "TADS" razvijen je u SAD kao preventivni sistem za merenje osovinskog opterećenja i identifikovanje ležajeva sa unutrašnjim kvarovima u ranim fazama oštećenja, pre "katastrofalnog" defekta. Sistem čini niz mikrofona postavljenih u kućište sa obe strane koloseka koji beleže podatke zvučnog zapisa svakog ležišta (slika 4).



Slika 4. Akustični sistem za detekciju

Toplotna radijacija iz objekata može da se detektuje infracrvenim kamerama. Ova tehnologija omogućava da se označi koja su to područja sa visokim ili niskim temperaturama. Sistem koristi „thermal imager” tehnologiju i digitalnu obradu slike. FUS II – Detekcija pregrejanih točkova, ležajeva i blokiranih kočnica ima jedan linearni infracrveni detektor sa četiri piksela (slika 5).



Slika 5. FUS II sistem za detekciju zagrejanih točkova, ležajeva i blokiranih diskova

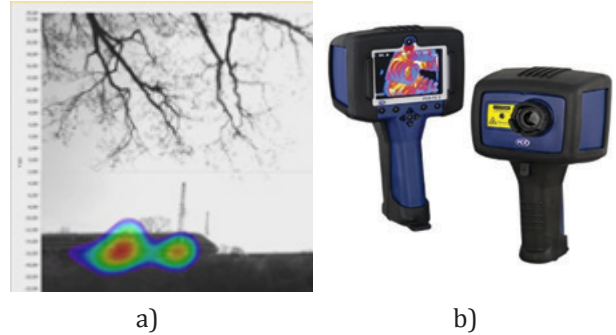
Ovaj sistem (upravno na pravac kretanja) može da skenira pri brzinama do 500 km/h. U standardnoj konfiguraciji, celokupan sistem se sastoji od tri do četiri modularna skenera koji pokrivaju ležajevе osovina i kočione diskove.

Ova vrsta detektora namenjena je za otkrivanje grešaka na površini venca točka, za merenje dinamičke vertikalne sile na šinu tokom kompletnog kruga kotrljanja točka. Ako postoji oštećenje na vencu, kao npr. ravne površine, tokom kotrljanja preko glave šine može da se javi visoki uticaj sile u kontaktu točak/šina što može da dovede i do oštećenja koloseka-infrastrukture. Merenje profila točka laserskom tehnologijom i kamerama predstavljaju bezkontaktnе metode za merenje stanja točkova [2]. Ova metoda je zasnovana na optičkom trouglu između laserskih zraka i visoke rezolucije digitalne kamere za snimanje.

Što se tiče pregrejanih ležajeva i točkova glavni problem je bio u stvaranju uslova za bezkontaktno merenje temperature. Osnova bezkontaktnog merenja temperature je činjenica da svako telo koje ima temperaturu iznad apsolutne nule emituje elektromagnetno zračenje u zavisnosti od njegovog stanja zagrejanosti. Intenzitet zračenja i talasna dužina (λ) u kojima intenzitet ovog zračenja ima maksimum zavisi od odgovarajuće temperature tela. Takođe, priroda i karakteristike površine emitera imaju uticaj na emitovanje energije. Samo na višim temperaturama (> 500 °C), deo zračenja se oslobađa kao vidljiva svetlost. Tehnologija koja se koristi kod detektora pregrejanosti ležajeva razvila se od analognog sistema sa brzim termo otpornicima do digitalizacije signala, od

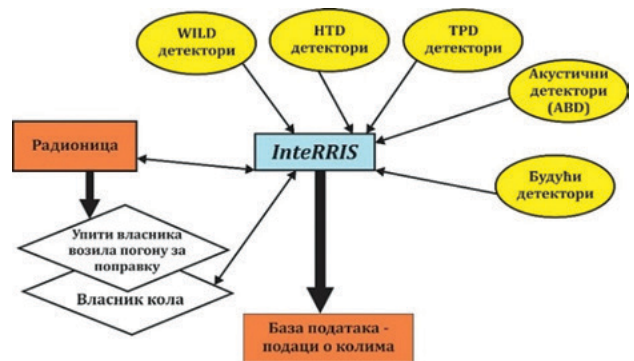
piro elektroničkih senzora do naprednih foton skenera velike brzine.

Zračenje toplote iz objekata može da se detektuje i infracrvenim kamerama (slika 6, a i b). Sistem koristi termovizijske i digitalne obrade slike za skeniranje točka i predviđa da li će točak da klizi umesto da se kotrlja. Pri normalnom kočenju brzina se smanjuje i sam točak se i dalje kotrlja i ravnomerno zagreva duž oboda točka.



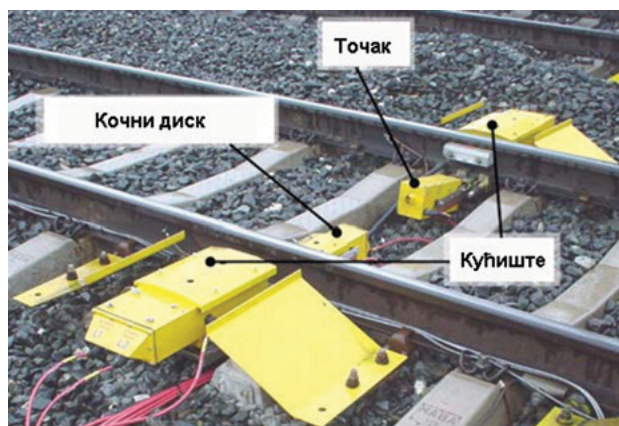
Slika 6. Merenje temperatura u pokretu a) motor, b) termovizijska kamera

Pojavom većeg broja različitih vlasnika infrastrukture kao i operatera, pojavio se problem kako objediniti sve sisteme. Udruženje američkih železnica (AAR), je započelo razvoj integrisanog informacionog sistema železnice (InterRRIC™) u 2000. godini (slika 7). Integrisani sistem ostvaruje mogućnost korišćenja informacija za monitoring većeg broja detektora i mogućnost proširenja drugim sistemima.



Slika 7. Integrisani informacioni sistem

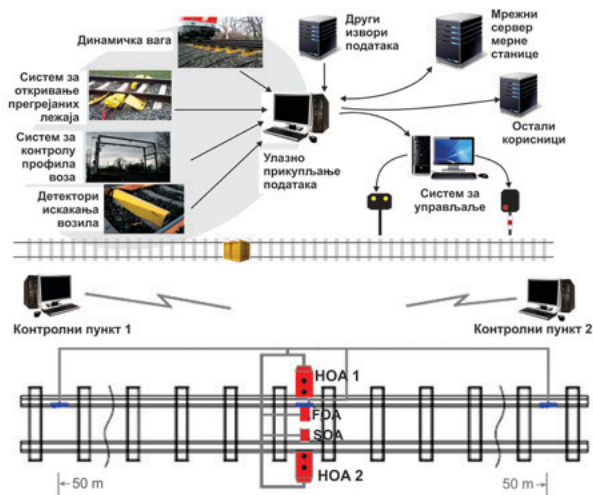
Sistem omogućuje stvaranje baze podataka o karakteristikama vozila dobijenih iz pojedinačnih izvora koja je namenjena da prikupi merenja iz svih detektora stanja/karakteristika, a ona je, pak, povezana sa bazom podataka koja sadrži podatke o održavanju vozila. Sistem za otkrivanje pregrejanih osovinskih ležajeva (slika 8) korišćen u Austriji od strane ÖBB Infrastrukture sastoji se od opreme sa strane koloseka, jedne jedinice za ocenu i upravljanje, opreme za prenos podataka i jedinice sa vizuelnim prikazivanjem.



Slika 8. Uređaj za merenje temperatura točkova, (osovina) osovinskih ležajeva i kočionih diskova

Oprema uz kolosek sastoji se od za šinu pričvršćene merne opreme sa infracrvenim sensorima za snimanje temperature osovinskog kućišta, temperature točka i brojača osovina i elektronike za upravljanje i ocenu koja se smešta u neposrednoj blizini u kontejner [3].

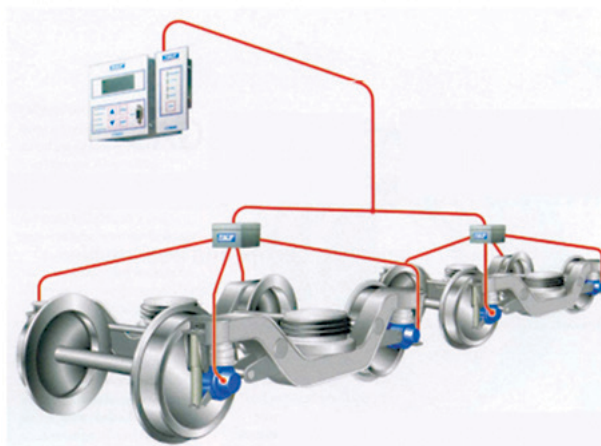
Na slici 9 prikazana je jedna savremena merna stanica za praćenje stanja železničkih vozila sa strane pruge u toku kretanja voza [4].



Slika 9. Prikaz rešenja nezavisne merne stanice

Svi navedeni sistemi su u osnovi stacionarni sistemi monitoringa i dijagnostike i uglavnom se nalaze pored pruge i na samom koloseku ili u depoima i radionicama za opravku. Stacionarni sistemi vrše periodično uvid u stanje vozila ili njegovih komponenti, dok sistemi u vozilima/vozovima rade kontinualno tokom eksploatacije.

Sistem (ATC) je sistem automatske kontrole voza koji putem senzora daje informaciju o brzini i pravcu rotacije. Merenje temperature ležajeva je zasnovano na termosenzorima koji su prilagođeni istom električnom kolu kao senzori za brzinu/pravac kretanja (slika 10). Ovo omogućava direktnu detekciju temperature ležaja.



Slika 10. Sistemi kontinualne detekcije temperature

Kako je merno mesto blizu ležaja, ovo merenje omogućava superiorniju detekciju koja je u odnosu na sisteme koji su udaljeniji. Već desetine hiljada ležajeva je ušlo u eksploataciju, a opremljeni su sa različitim tipovima integralnih senzora. "Pendolino" porodica brzih motornih vozova, sa prinudnim naginjanjem sanduka pri prolasku kroz krivine, zatim italijanski voz velikih brzina ETR500, kao i nekoliko italijanskih i poljskih lokomotiva, nekoliko tipova vozila masovnog transporta, koriste ove ležajeve.

5. IZBOR SISTEMA ZA MONITORING

Svi ponudeni sistemi u osnovi imaju, manje više, slične komponente i karakteristike sa istim ciljem da uoče – detektuju, a ako je to moguće i izmere određene veličine. 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 sistemi za praćenje).

Koji će sistem monitoringa biti primenjen, u kom kapacitetu i gde će biti lociran zavisi pre svega od:

- analize isključenja voznih sredstava (posebno teretnih kola), sa posebnim osvrtom na razloge i učestalost istih,
- karakteristike pruge (brdske, ravničarske, specifični uslovi korišćenja kočionog sistema – kočenje na dugim padovima),
- klimatskih uslova (ekstremno visoke temperature, nanosi peska ili pak ekstremno niske i nanosi snega i sl.),
- karakteristika vrste robe koja se prevozi (rude, građevinski materijal, RID materije, razne konstrukcije i sl.),
- karakteristika kola koja saobraćaju tim deonicama,
- metoda održavanja (da li su vozna sredstva u sistemu "Entity in Charge of Maintenance – ECM" ili ne?) i

- prevoznog puta transporta najzastupljenije vrste prevezene robe.

Pronalaženje razlike u dinamičkom ponašanju vozila, što se ranije uglavnom koristilo samo kao sredstvo za zaštitu infrastrukture od većih oštećenja, sada bi se odslikavalo i na cenu pristupa, ali istovremeno i na planiranje održavanja i voznih sredstava i same infrastrukture. Kontrolisano stanje kola i pruge, kao i programi za praćenje stanja, u kombinaciji sa modelima za predviđanje troškova mogu se koristiti kako bi se odredila strategija za održavanje u cilju smanjenja ukupnih troškova održavanja. Pored toga, egzaktno je deklarisan i promovisan sistem održavanja železničkih vozila i infrastrukture prema stanju, a na osnovu vrednosti relevantnih parametara stanja vozila i infrastrukture prevashodno dobijenih pomoću stacionarnih sistema za dinamički monitoring vozila. Kao podrška novoj koncepciji održavanja, potrebno je dizajnirati bazu podataka za rezultate dinamičkog merenja vrednosti odgovarajućih parametara stanja železničkih vozila, na nivou železničke mreže [5].

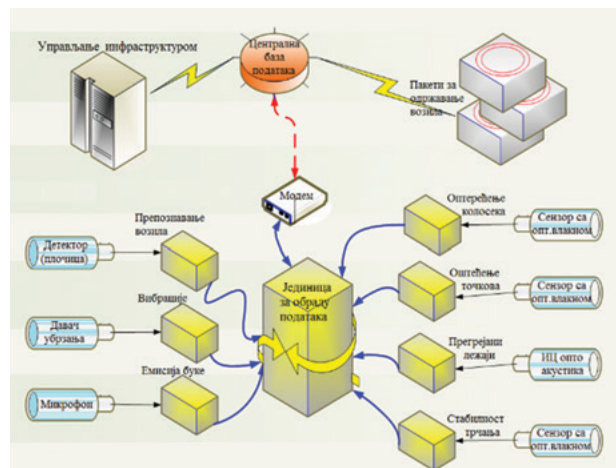
Evropska unija je, u cilju objedinjavanja i međusobnog usklađivanja nacionalnih železničkih propisa, ustanovila novi sistem standardizacije u železničkoj oblasti: Tehnička specifikacija za interoperabilnost (Technical Specification on Interoperability – TSI). Za sprovođenje aktivnosti na usaglašavanju postojećih nacionalnih železničkih propisa u okviru sistema TSI, kao i na donošenju novih propisa zadužena je Evropska železnička agencija (European Railway Agency – ERA).

Koncepcija održavanja podrazumeva načela po kojima se realizuju plan i program održavanja. Program utvrđuje vrstu aktivnosti i obim radova koje treba sprovesti, a planom se određuje trenutak i periodičnost u kome se predviđeni postupci sprovode. Osnovna karakteristika preventivnog održavanja je da se proces održavanja sprovodi pre pojave otkaza, sa ciljem da se spreči ili odloži pojava otkaza.

Korektivno održavanje se sprovodi kada je nastupio otkaz u cilju njegovog otklanjanja.

Posebno treba imati na umu da se u izradi železničkih vozila i njihovog održavanja neprekidno ugrađuju nove ideje, oprema i uređaji, kao i sve veću prisutnost novih metoda i tehnologija rada. Cilj svega toga, međutim, uvek je isti: eliminisati ili smanjiti opasnost od otkaza sistema u toku njegovog korišćenja. Ovim se obezbeđuje da se sva potrebna održavanja izvrše u najprikladnijem trenutku, ne remeteći definisane turnuse voznih sredstava, ako su u pitanju vučna sredstva [6].

Kod novih tipova železničkih vozila, koja su opremljena dijagnostičkim sistemima, intervencije održavanja planiraju se na osnovu obrade signala sa senzora vozila i memorisanih parametara.



Slika 11. Konfiguracija sistema sa mernim modulima i elementima za prenos i obradu podataka

Praćenje stanja je u upotrebi više decenija, ukoliko posmatranja od strane čoveka (pregledača kola) smatramo kao praćenje u eksploataciji. Da bi izvršio procenu stanja voznih sredstava, pregledač kola koristi vizuelni i čulni efekat, znanje i iskustvo. Uz pomoć nove tehnologije sada postoji mogućnost, kontinuiranog, automatizovanog praćenja stanja (slika 11), što je ogromna prednost, koja se ogleda pre svega u slučajevima brzog prelaska od greške do kvara ili npr. kada je potrebno posmatrati veliki broj jedinica kada je reč o železnici sa velikim brojem vozila.

6. BAZA PODATAKA ZA SKLADIŠTENJE PODATAKA SA MERNIH STANICA

Merne stanice opremljene su industrijskim PC koji su namenjeni za skladištenje, obradu i prikaz podataka dobijenih sa mernih uređaja. Za prikaz izmerenih podataka i izveštavanje o neregularnostima koristi se Windows aplikacija koju isporučuje proizvođač merne opreme zajedno sa opremom. Za svaki voz koji prelazi preko merne stanice prikazuju se podaci dobijeni sa različitih mernih uređaja. U slučaju pojave neke neregularnosti na vozu koji prelazi preko merne stanice, aplikacija se oglašava zvučnim alarmom i vizuelno prikazuje registrovane neregularnosti. Na taj način rad merne stanice direktno utiče na podizanje nivoa bezbednosti železničkog saobraćaja koji se odvija na datoj pruzi. Međutim, postojeća aplikacija ne omogućava generisanje novih upita nad izmerenim podacima. Da bi rad merne stanice bio u službi optimizacije održavanja voznih sredstava, trebalo bi omogućiti periodične složenije analize podataka dobijenih sa merne stanice [7]. Kako postojeća aplikacija ne omogućava takve analize izmerenih podataka, u okviru ovog rada projektovana je i kreirana baza podataka koja bi to omogućila. Baza koja će biti opisana u nastavku omogućila bi prihvatanje i obradu podataka i sa drugih mernih stanica, koje bi se u budućnosti postavile (rad delom koristi podatke sa bivše merne stanice Batajnica).

6.1. Struktura baze podataka

Osnovna ideja bila je da se projektuje baza podataka koja će s jedne strane dosledno modelirati mernu stanicu i fizičke veličine koje ona meri, a s druge strane omogućiti generisanje novih upita po potrebi. Na osnovu podataka koje prikazuje postojeća aplikacija, razvijen je relacioni model podataka, a zatim prema tom modelu formirana relaciona baza podataka **DIJAGNOSTIKA VOZNIH SREDSTAVA ZS**. Baza je kreirana u relacionom sistemu za upravljanje bazama podataka **Microsoft Access 2013**. Struktura novoformirane baze podataka prikazana je na slici 12.

Osnovni entiteti relacionog modela podataka su: pruga, uređaj, merna oprema, voz i alarm. S obzirom na to da različita merna oprema generiše različite podatke o vozu koji nailazi preko nje, pojmu voz iz realnog sistema odgovaraju dva entiteta u relacionom modelu: **VOZ** i **VOZ – GRD**. Slično, pojmu alarma (upozorenja na neregularnost) iz realnog sveta odgovaraju čak tri entiteta u relacionom modelu: **ALARM**, **ALARM – GRD** i **ALARM – GRD – RAVNA MESTA**. Navedeni entiteti modeliraju različite vrste alarma, koje generišu različiti uređaji. Slede opisi struktura tabela baze podataka, iz kojih se mogu uočiti pomenute različitosti sličnih entiteta.

Entitet **PRUGA** modelira istoimeni pojam iz realnog sistema mreže pruga ŽS. Ima za cilj da omogući analizu registrovanih neregularnosti tehničkog stanja voznih sredstava sa aspekta pruge na kojoj je neregularnost otkrivena. Ovaj entitet modeliran je osnovnim atributima: Broj pruge i Naziv pruge, koji se koriste na mreži pruga ŽS.

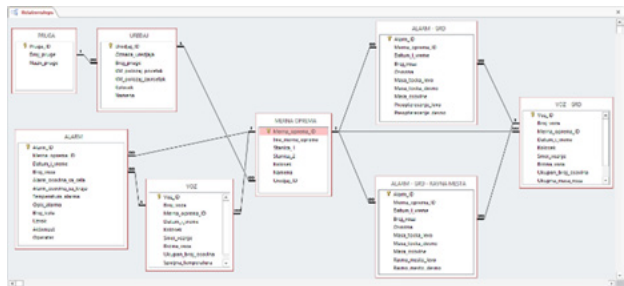
Entitet **UREĐAJ** modelira različite vrste uređaja koji se nalaze na koloseku. Uređaji se sastoje od različite merne opreme i omogućavaju merenja određenih parametara tehničkog stanja voznih sredstava. Ova tabela omogućava analizu registrovanih neregularnosti tehničkog stanja voznih sredstava sa aspekta koloseka i kilometarskog položaja na koloseku na kojem je neregularnost otkrivena. Takva analiza mogla bi da identifikuje pružne deonice na kojima se neregularnosti registruju češće nego na ostalim, ukoliko takve deonice postoje.

Entitet **MERNA OPREMA** modelira različite vrste merne opreme, kao što su:

- Oprema za otkrivanje pregrianih ležišta osovinskih sklopova (**HOA**), koja meri temperaturu ležišta osovinskog sklopa;
- Oprema za detekciju blokiranja osovinskog sklopa pri kočenju (**FOA**), koja meri temperaturu tela točka 2 cm iznad GIŠ-a;

- Oprema za detekciju pregrianih disk kočnica (**SOA**), koja meri temperaturu disk kočnica.

Oprema za merenje mase kola i osovine (**GRD**), koja meri silu kojom točak deluje na šinu na mestu kontakta točka



Slika 12. Šema baze podataka **DIJAGNOSTIKA VOZNIH SREDSTAVA ŽS**

i šine i detektuje ravna mesta na točku ukoliko postoje.

Entitet **VOZ** modelira vozove koji prelaze preko merne opreme za detekciju pregriavanja (**HOA**, **FOA**, **SOA**). Značajni atributi ovog entiteta su: broj voza, datum i vreme, kolosek, smer vožnje, brzina voza i spoljna temperatura. Entitet **VOZ – GRD** modelira vozove koji prelaze preko opreme za merenje mase kola i osovine i identifikovanje ravnih mesta na točku, ukoliko postoje (**GRD**). Entitet **VOZ – GRD** ima atribut ukupna masa voza, koji entitet **VOZ** nema.

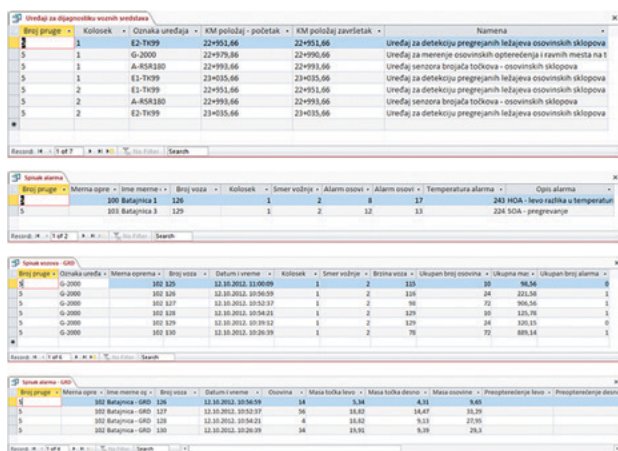
Entitet **ALARM** modelira alarme – upozorenja, koja generišu merenja merne opreme: **HOA**, **FOA** i **SOA**. Važni atributi ovog entiteta su: datum i vreme, alarm osovina sa čela voza, alarm osovina sa kraja voza, temperatura alarma i opis alarma. Alarm osovina je redni broj osovine kod koje je izmerena neregularna temperatura. Temperatura alarma je izmerena temperatura: ležišta osovinskog sklopa, točka ili disk kočnice, pri kojoj se aktivirao alarm. Atribut opis alarma pokazuje o kojoj vrsti merenja je reč: **HOA**, **FOA** ili **SOA** i koja vrsta pregriavanja je u pitanju: toplo ili vruće. Svaka instanca entiteta **ALARM** povezana je sa jednom instancom entiteta **VOZ** i jednom instancom entiteta **MERNA OPREMA**, tako da se za svako upozorenje zna koji voz ga je izazvao i koja merna oprema je izmerila neregularne vrednosti [8].

Entitet **ALARM – GRD** modelira alarme – upozorenja, koja generišu merenja osovinskih opterećenja. Važni atributi ovog entiteta su: datum i vreme, osovina, masa točka levo, masa točka desno, masa osovine, preopterećenje levo i preopterećenje desno. Svaka instanca entiteta **ALARM – GRD** povezana je sa jednom instancom entiteta **VOZ – GRD** i jednom instancom entiteta **MERNA OPREMA**. Entitet **ALARM – GRD – RAVNA MESTA** modelira alarme – upozorenja, koja generiše detekcija ravnih mesta na točkovima. Važni

atributi ovog entiteta su: datum i vreme, osovina, ravno mesto levo i ravno mesto desno. Svaka instanca entiteta **ALARM – GRD – RAVNA MESTA** povezana je sa po jednom instancom entiteta **VOZ – GRD** i entiteta **MERNA OPREMA**.

6.2. Upiti nad bazom podataka

Baza podataka **DIJAGNOSTIKA VOZNIH SREDSTAVA ZS** kreirana je sa ciljem da podaci dobijeni sa mernih stanica postanu dostupni za dalju upotrebu i obradu. Kolika je upotrebna vrednost ove baze podataka postaje jasno tek kada se nad njom kreiraju upiti. Na slici 13 prikazani su rezultati izvršavanja četiri izabrana upita iz ove baze podataka. Prvi upit generiše spisak svih mernih uređaja, grupisanih po prugama i kolosecima. Drugi upit kreira spisak svih alarma prouzrokovanih raznim vrstama pregrevanja osovinjskih sklopova vozila. Treći upit formira spisak svih vozova koje detektuje uređaj za merenje osovinjskih opterećenja. Četvrti upit generiše spisak svih alarma prouzrokovanih preopterećenjima osovina ili ravnim mestima na točkovima. Ukupan broj upita koji je kreiran nad bazom je mnogo veći od prikazanog, a što je još važnije, neograničen je. Upiti se stalno mogu dodavati, modifikovati, brisati, prema potrebi.



Slika 13. Rezultati izvršavanja 4 upita nad bazom podataka **DIJAGNOSTIKA VOZNIH SREDSTAVA ZS**

Nad ovom bazom kreirano je mnoštvo izveštaja, a prema potrebama mogu se kreirati novi izveštaji ili modifikovati postojeći. Izveštaji su veoma moćan alat koji omogućava grupisanje i sortiranje zapisa, kao i prikaz izabranih podataka prilagođen za štampanje. Izveštaj na slici 14 prikazuje za svaka kola ukupan broj alarma određene vrste, koji se kod njih javio.

Izveštaj na slici 14 omogućava lako identifikovanje kola sa najvećim brojem alarma, dok izveštaj na slici 15 prikazuje detaljnije podatke o alarmima, grupisane

Ukupan broj alarma prema vrsti alarma i broju kola		
Opis alarma	Broj kola	Ukupan broj alarma
HOA - desno razlika u temperaturi	50 80 2173 225 1	1
HOA - levo razlika u temperaturi	50 80 2134 234 3	2
	50 80 2173 225 1	3
SOA - pregrevanje	50 81 2312 124 2	3

Slika 14. Izveštaj Ukupan broj alarma prema vrsti alarma i broju kola

prema vrsti alarma i broju kola. Za svaka kola mogu se videti podaci o svim alarmima koji su se kod njih javili: datum i vreme javljanja alarma, broj voza i temperatura alarma. Temperatura alarma je temperatura određenog dela osovinjskog sklopa na kojem je registrovana neregularnost.

Spisak alarma prema vrsti i broju kola			
Opis alarma	HOA - desno razlika u temperaturi		
Broj kola	50 80 2173 225 1	Datum i vreme Broj voza	Temperatura alarma
		12.11.2012. 10:54:12	1 213
Opis alarma	HOA - levo razlika u temperaturi		
Broj kola	50 80 2134 234 3	Datum i vreme Broj voza	Temperatura alarma
		30.10.2012. 10:54:23	2 215
		29.10.2012. 10:55:45	2 222
Broj kola	50 80 2173 225 1	Datum i vreme Broj voza	Temperatura alarma
		23.11.2012. 10:50:13	1 267
		28.10.2012. 10:58:45	2 235
		12.10.2012. 10:56:39	2 243
Opis alarma	SOA - pregrevanje		
Broj kola	50 81 2312 124 2	Datum i vreme Broj voza	Temperatura alarma
		25.10.2012. 10:13:23	5 256
		23.10.2012. 10:15:24	5 209
		12.10.2012. 10:17:50	5 224

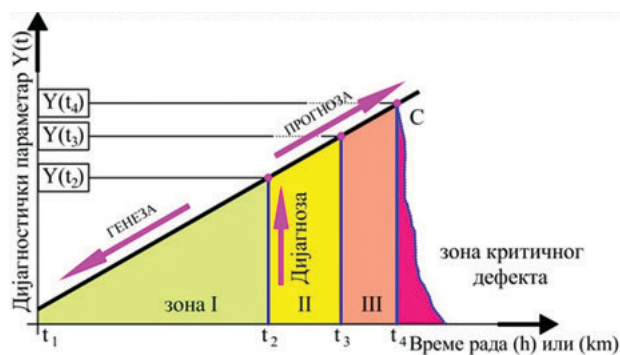
Slika 15. Izveštaj Spisak alarma prema vrsti i broju kola

7. ZAKLJUČAK

Informacija o određenoj performansi vozila, kao i o njegovom trenutnom stanju, npr. o profilu točka, može se dobiti na osnovu direktnog merenja kada se konstatuje obim stvarnog habanja točka. Ako je reč o merenju sila kojom osovine dejstvuju na prugu (šine) ili uglu osovine, onda se informacija koju smo konstatovali kao stvarno stanje upoređuje sa performansama vozila. Nakon toga donosi se odluka o statusu tog voznog sredstva, a pri tom su stvoreni uslovi za analizu uzroka koji su doveli do odstupanja od propisanih parametara. Zapravo, cilj svih metoda je da se detektuje poremećaj radne ispravnosti,

čime definišemo tačku A(Y_2, t_2) (slika 16) kada i otpočine druga faza – faza upravljanja održavanjem

Upravljanje održavanjem svodi se na donošenje niza odluka koje imaju jedinstven cilj, npr. kod odluke da li je potrebno isključiti kola iz saobraćaja prethodi niz usmerenih odluka [3]: **zašto** isključiti, **kada** isključiti, da li **odmah** ili u **krajnjoj stanici**, **pre** ili **posle** istovara, **šta** raditi na kolima, **kako** ih osposobiti, **gde** izvršiti opravku (u samom vozu – bez otkaçivanja, na koloseku opravke, radionici i sl.), **koliko** će kola biti van saobraćaja, tj., koliko će trajati opravka. Ove nedoumice su uključene u skoro sve komponente sistema zasnovanih na znanju i iskustvu, a uz pomoć adekvatne baze podataka, donosi se konkretna odluka, da li postoje uslovi za fazu III ili ne.



Slika 16. Zadatak monitoringa dijagnostičkih parametara

Šta dalje sa takvim voznim sredstvom treba da bude predmet odluke eksperata sa sedištem u operativnom centru – oblast prognoza (procena vremenskog razvoja neispravnosti i mogućnost nastavka u sastavu voza odnosno postojanje uslova za faze II i III). Analiza zašto se pojavila ta neispravnost – oblast geneza (retrospektive otkaza voznog sredstva) je stvar struke i odluke eksperata, sa sedištem u direkciji.

Iskustvo koje je proizašlo realizacijom pilot projekta, merna stanica Batajnica kod identifikacije odgovarajućih parametara omogućilo je definisanje tačke A(Y_2, t_2) [1]. Ona je određena za temperaturu tela točka, diska i osovinskih ležišta; preopterećenja, odnosno ravna mesta na krugu kotrljanja točka [3]. Dalji postupak i odluku donosi pregledač kola na bazi važećih propisa. Svaki od ovih parametara za praćenje voza sa strane pruge može biti korišćen kao samostalno rešenje za železničku eksploataciju.

Koje ćemo parametre pratiti i u kom kilometarskom položaju zaključujemo na osnovu analize razloga isključenja kola, što zavisi od niza faktora. Najuticajniji su sigurno: karakteristike pruge (ravničarske, brdske, sa dugim padovima, tunelima i sl.), klimatski uslovi, karakteristike robe i destinacije prevoza i sl. Za određivanje razumnog razmaka između uređaja za

otkrivanje pregrejanih ležajeva stoji na raspolaganju nekoliko scenarija, pri čemu je određivanje na osnovu najnepovoljnijeg slučaja neprihvatljivo sa ekonomske tačke gledišta.

Stvaranjem baze podataka, raznim upitima sužavaju se razlozi nastanka odgovarajuće neispravnosti po vrstama neispravnosti, serijama kola, vlasnicima, načinu održavanja, načinu upotrebe i sl. Na taj način potpomažemo u datom trenutku donošenje pravovremene i pravilne odluke eksperata u operativnom centru.

Identifikacija tehničkog rizika i procena da li može doći do incidenta na voznom sredstvu, odnosno infrastrukturi, glavni je cilj sistema za detekciju. Sa odgovarajućim brojem mernih uređaja, umreženih i organizovanih kao operativni centar dodatno se obezbeđuje:

- obogaćivanje mernih podataka sa voznim podacima (poreklo i određište voza, sastav voza, broj telefona mašinovođe, itd), tako da se optimizovani interventni proces može pravovremeno pokrenuti za određeni voz,
- značajno smanjeno zaustavljanje za vozove sa neispravnim kočnicama zahvaljujući podršci mašinovođi od strane osoblja operativnog centra,
- rano otkrivanje problema na vozu, što omogućava zakazivanje zaustavljanja voza na lokaciji koja ima najmanji uticaj na zauzetost koloseka,
- praćenje vozova i vozila na mreži,
- sposobnost podešavanja alarma po vozilu u zavisnosti od specifikacije ili njegovog specifičnog opterećenja,
- nezavisnost sistema od modela proizvođača, tako da se kolosečni senzorski sistemi za praćenje mogu nabaviti po tržišnim uslovima uz izbegavanje ogromnih troškova za integrisanje novi senzorskih sistema i
- postojanje strategije preventivnog održavanja pošto se date aktivnosti održavanja zasnivaju na stanju voznog sredstva i infrastrukture.

Uključivanje kompjuterske tehnike u upravljanje – regulisanje kretanja vozova (saobraćaja) doprinosi efikasnosti železničkog transporta, validnosti zabeleženih podataka, a istovremeno ga čini sigurnim i bezbednim. Informacione tehnologije doprinose povezivanju kompanija prevoznika i kompanija klijenata, što doprinosi smanjenju troškova i vremena prevoza, kao i eventualnih šteta u prevozu zbog bolje među informisanosti i koordinacije u razmeni informacija.

Realizacijom projekta ugradnje mernih stanica za dinamičku kontrolu tehničkog stanja voznih sredstava železničke uprave su uključene u savremeni evropski transportni sistem, pa tako i „Železnice Srbije“ značajno

podizu nivo pouzdanosti i kvalitet usluga. Savremeni merni sistemi mogu dinamički da utvrde 75% uzroka za isključenje kola iz saobraćaja na mreži „Železnica Srbije“ [1].

Takođe, uočava se nemogućnost ispunjenja zahteva savremenim potrebama, nedostatak interoperabilnosti između mreža i sistema upravljanja. Za železnička preduzeća po pitanjima interoperabilnosti najznačajniji su standardi TSI, koji obuhvataju područja: infrastrukturu, vozna sredstva, energetiku, podsisteme upravljanja i održavanja, vozne podsisteme, signalizaciju, eksploataciju i druge vidove. Neke karakteristike voza i vozni sredstava nije moguće proveriti sadašnjim metodama (optički ili akustički), jer brzina razvoja i usloznjavanja tehničkih sistema, uslovljava odgovorniji i veći značaj nadzora i održavanja. U tom kontekstu u radu su analizirani karakteristični sistemi, sa ukazivanjem na mogućnosti detektovanja karakterističnih parametara i njihovih specifičnosti. U radu su pomenuti modeli razvoja koncepcije monitoringa i dijagnostike sklopova železničkih vozila u postupku definisanja efikasnijeg sistema za održavanje železničkih vozila. U sklopu istog predlaže se i dizajniranje operativnog centra sa objedinjenim – umreženim mernim stanicama.

Dizajnirana baza podataka dijagnostifikovanih podataka vozni sredstava ŽS omogućava, da uz pomoć višekriterijumske analize, pratimo tehničko stanje vozni sredstava „Železnica Srbije“. Alati koje baza nudi su upiti, izveštaji i grafikoni. Za korišćenje ovih alata nisu potrebna posebna znanja iz oblasti informatike. Baza je kreirana u relacionom sistemu MS Access koji je deo široko rasprostranjenog programskog paketa MS Office, tako da nije potrebna kupovina novih licenci i instaliranje novog softvera. Osim baze podataka, u istom okruženju moguće je kreirati i aplikaciju koja bi predstavljala frontalni user-friendly deo softvera. Razvoj aplikacije nad ovom bazom podataka biće predmet nekog od budućih istraživanja autora.

Ovim se omogućava prelazak na novi pristup održavanju na osnovu stanja, čime se stvaraju uslovi za dizajniranje sasvim novog funkcionalnog operativnog centra, a i upravljanje celokupnog sistema ima sasvim nov i sveobuhvatan pristup.

LITERATURA

- [1] Đorđević Ž., *Model za unapređenje održavanja železničkih vozila primenom savremenih dijagnostičkih sistema*, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu – Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2015.
- [2] Schöbel A., Karner J., *Components for wayside train observation in Austria*, Proceedings of XII Scientific-Expert Conference on Railways, pp. 25-27, 19-20 October 2006, Niš.
- [3] Đorđević Ž., Karner J., Schöbel A., Mirković S., *Batajnica checkpoint for wayside train monitoring*, Proceedings of XIV Scientific-Expert Conference on Railways, pp. 189-192, 07-08 October 2010, Niš.
- [4] Karner J., Maly T., Schöbel A., *TK99-the austrian solution for hot box detection*, Proceedings of XIII Scientific-Expert Conference on Railways, pp. 57-60, 09-10 October 2008, Niš.
- [5] Đorđević Ž., Vesković S., Mirković S., Aćimović S., Radosavljević A.: *Measuring Points System for Wayside Dynamic Control of Vehicles on Serbian Railway Network*, ICEST 2011, Univerzitet u Nišu - Elektronski fakultet, pp 736-739, Niš, 2011., ISBN: 978-86-6125-032-3
- [6] Radosavljević A., Đorđević Ž., Mirković S., *Concept for Wayside Train Monitoring At Serbian Railways - Pilot Project Batajnica*, RTR Special, 2011, pp. 6-11.
- [7] Vesković, S., Đorđević, Ž., Ivić, M., Stojić, G., Tepić, J., Tanackov, I., *Necessity and effects of dynamic system for railway wheel defect detection*, Metalurgija, Croatian Metallurgical Society, No.51/3, 2012, ISSN: 0543-5846
- [8] Janković S., Đorđević Ž., Mladenović S., Vesković S., Branović I., *Baza podataka za dinamičko praćenje stanja vozni sredstava*, 4. međunarodni naučno-stručni simpozijum Novi horizonti saobraćaja i komunikacija 2011, Doboj. 24. i 25.11.2013.
- [9] Đorđević, Ž., *Razvoj dijagnostičkog sistema za održavanje teretnih kola*, magistarski rad, Mašinski fakultet u Nišu, 2012.