XI ŽELKON '04
RAILCON '04

РЕСТРУКТУРИРАЊЕ ОДНОСА ДРЖАВЕ И ЖЕЛЕЗНИЦЕ

Бранислав З. Бошковић[1], Дејан Ласица[2]

Резиме: *Више нико у Европи не поставља питање "да ли реструктурирати железницу" као дилему. То питање је одавно прерасло у питање "како реструктурирати железницу као систем према смерницама директива ЕУ у овој области уважавајући локалне карактеристике и амбијент". Кључни делови реструктурирања железнице као система представљају:*

- *Реструктурирање железничког предузећа,*
- *Реструктурирање државне управе у овој области,*
- *Реструктурирање односа држава – железничка предузећа.*

Нема реструктурирања железничког система без промене регулативе у овој области и без промена на релацији држава – железничко предузеће. То је основ и услов за почетак било каквих промена. Пред овом дилемом "како поставити однос држава - железничко предузеће" су се нашли и творци Предлога закона о железници. У раду ће бити објашњени постојећи односи државе и железнице и концепт будућих односа према предложеној регулативи, као првој фази реструктурирања железнице у Србији.

Кључне речи: железница, држава, однос, реструктурирање

1. УВОД

Тренд опадања учешћа железница на транспортном тржишту још увек није заустављен у европским државама. Европа се још почетком деведесетих година прошлог столећа сложила да је предуслов за излазак из кризе железнице њихово реструктурирање. Реструктурирање железница у ширем контексту означава:

- реструктурирање железничких предузећа,
- реструктурирање институција државе у транспортном сектору, посебно железничком,
- реструктурирање односа између државе и железнице.

Тешко је говорити о било којој од ове три компоненте изоловано тј. да се не уђе на терен друге две компоненте. У овом раду направљен је један корак у сагледавању односа "држава – железница" какви данас владају у нашој земљи, које су то смернице ЕУ у овој области, као и како су постављени ови односи у првој фази реструктурирања која је опредељена кроз предлог Закона о железници и Одлуку о оснивању ЈП "Железнице Србије".

У уводу ћемо дати још неколико речи о проблему који дефинишемо као "однос држава – железница". Одмах, на почетку, потребно је рећи да је реструктурирање односа (или њихова регулација на други начин од досадашњег) дуготрајан и динамичан процес. Има више разлога за "дуготрајност" процеса. Споменућемо само главне:

- железница је чврсто устројени хијерархијски систем веће инертности који због зависности технолошких процеса не трпи нагле промене
- и сама држава, као систем, има сличне карактеристике
- потребна је радикална промена размишљања и схватања самих актера, односно њихово прилагођавање новим условима привређивања и новим улогама. (Процењујемо да, у овом моменту, свест о потреби предузимању "нечег" већ постоји)

Последње наведено је и најважније и најспорије се мења, при чему је и предуслов за реструктурирање железничких предузећа и државних институција у овој области.

Овај дугорочни процес регулисања односа "држава – железница" у свом развоју мора да обезбеди следећа решења која, у крајњем случају, и одређују саме односе:

- Раздвајање управљања инфраструктуром и транспортом (финансијски и организационо)
- функцију (предузећа) транспорта организовати на тржишним принципима уз потпуну аутономију у одлучивању и делимично у пословној политици
- функцију управљања инфраструктуром организовати као јавно предузеће које ће преузети на себе трошкове текућег пословања
- преузимање од стране државе трошкова инвестиција и одржавања инфраструктуре, одговорности за финансијску консолидацију предузећа и решавања вишка радне снаге
- замена концепата општих субвенција уговорима између државе и железничких предузећа (Contract plan)
- потпуна слобода у развоју људских ресурса и кадровских решења

Даља анализа односа државе и железнице кроз права у управљању, буџетску обавезу, доношење планских докумената и др., указаће на неодређености у овим сферама односа, а нарочито на терену одговорности.

[1] мр Бранислав З. Бошковић, дил. инж. саоб., Министарство за капиталне инвестиције, Немањина 22-26, Београд, Србија и Црна Гора, e-mail: boss@msaotel.sr.gov.yu
[2] Дејан Ласица, дипл.инж.саоб., Министарство за капиталне инвестиције, Немањина 22-25, Београд, Србија и Црна Гора, e-mail: lasica@msaotel.sr.gov.yu

2. ODNOS DRŽAVE I ŽELEZNICE U SVETLU VAŽEĆIH PROPISA

Postojeće odnose države i železnice predstavićemo i analizirati kroz nekolico karakterističnih oblasti koje su definisane zakonskom i podzakonskom regulativom:

- upravljanje železnicom
- izrada i donošenje planskih dokumenata
- donošenje odluke
- finansijske obavezе

a) Upravljanje železnicom

Upravljanje železnicom ostvaruje se preko sledećih organa:

- upravnog odbora, kao organa upravljanja
- nadzornog odbora, kao organa nadzora
- generalnog direktora, kao organa poslovođenja
- nadležnog ministarstva, odnosno Vlade Republike Srbije, kao vlasnika i osnivača i sa funkcijom nadzora nad zakonitošću rada.

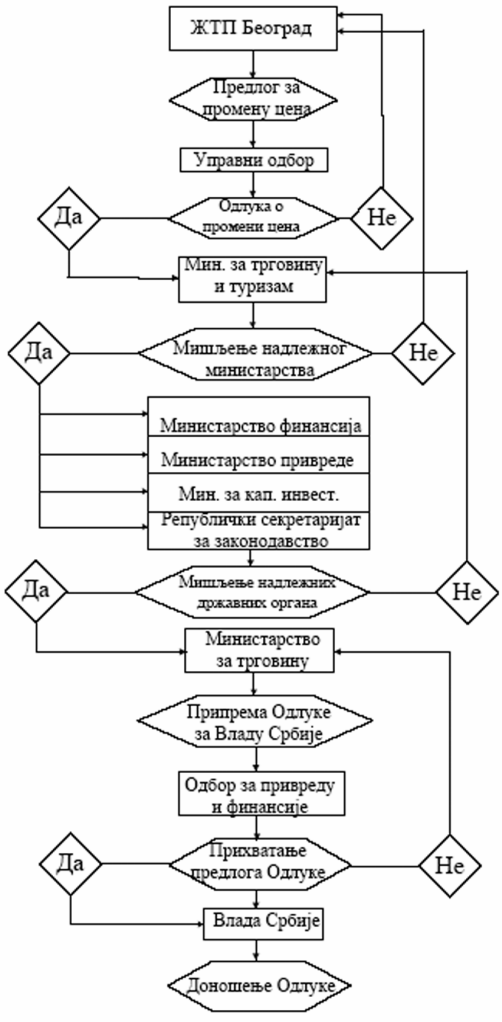
Međusobni odnosi i prava uređeni su kroz više zakona: Zakon o javnim preduzećima, Zakon o železnici, Zakon o ministarstvima, Zakon o preduzećima. Neodređenost u upravljačkim pravima i odgovornosti između navedenih organa značajno utiču na njihovu neefikasnost, koja u konačnom za rezultat ima javno preduzeće sa nezadovoljavajućim karakteristikama transportne usluge. Dokaz za navedenu konstataciju će se ovde iznetи kroz analizu samostalnosti u odlučivanju i kroz imenovanje i odgvornost navedenih organa.

Najbolja ilustracija pozicija upravnog odbora se ogleda u odnosu njegovih neograničenih i ograničenih prava u odlučivanju. Upravni odbor ŽTP Beograd odlučuje o sledećem (prema važećem Zakonu o železnici i Odluci o osnivanju JP "Železnice Srbije"):

1) utvrđuje poslovnu politiku;
2) *donosi statut preduzeća;*
3) ***bira i razrešava generalnog direktora;***
4) *donosi pomerajući petogodišnji plan rada i razvoja, godišnji program poslovanja, godišnji program održavanja javne železničke infrastrukture, organizovanja i regulisanja železničkog saobraćaja kao i posebne programe izgradnje, rekonstrukcije i modernizacije javne železničke infrastrukture;*
5) *usvaja izveštaj o poslovanju preduzeća, periodični i godišnji obračun;*
6) *odlučuje o raspodeli dobiti;*
7) odlučuje o smanjenju i povećanju kapitala preduzeća;
8) *donosi odluke o ulaganju kapitala;*
9) donosi investicione programe i kriterijume za investiciona ulaganja;
10) utvrđuje metodologiju za primenu kriterijuma za dodelu traса;
11) usvaja red vožnje;
12) *donosi odluku o obustavi javnog prevoza na nerentabilnoj železničkoj infrastrukturi ili delu železničke infrastrukture;*
13) *odlučuje o osnivanju zavisnih preduzeća;*
14) *utvrđuje tarifu za javni prevoz putnika i robe;*
15) vrši i druge poslove utvrđene statutom.

На одлуке Управног одбора које су овде означене "италиком" мора да да сагласност Влада Републике Србије. Очигледно да, Управни одбор, иако државни орган и од ње именован, нема потпуна права и обавезе односно слободу у одлучивању. Напротив, већину одлука (9 од 14 наведених) доноси уз сагласност Владе Републике Србије и тиме значајно доприноси неефикастности система. Истовремено, потребне сагласности Владе на већину одлука, значајно утиче повратно на квалитет и компетентност чланова управног одбора приликом њиховог избора.

Карактеристичан пример, који говори о "неповерењу" у Управни одбор, су потребне сагласности на одлуке које се односе на касацију и продају локомотива, теретних и путничких кола чија експлоатација није више економски исплатива због техничког стања у коме се налазе. Други тип одлука на које је потребна сагласност представљају оне за које је потребна брза реакција због промена на транспортном тржишту.



Слика 1. Поступак доношења Одлуке о промени цена у железничком саобраћају

Добар пример за то је потребна сагласност Владе на промене тарифа у робном и путничком саобраћају. С обзиром да железница није монополиста у саобраћају (као што су то нека друга јавна предузећа у области електропривреде, телекомуникација или енергетике) јер има конкуренцију у друмском, речном и ваздушном саобраћају и самим тим тржиште диктира промене тих цена, није потребно да држава има контролу над овим тарифама што се посебно може рећи за робни саобраћај. На слици 1 може се видети поступак за промену цена у железничком саобраћају.

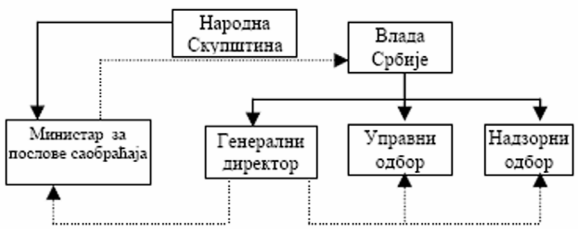
Свакако да на све ово утиче и непостојање добро разрађених законских одредби којим би се регулисали:

- правни статус управног одбора
- критеријуми и услови за избор чланова управног одбора
- начин утврђивања одговорности.

(За свој рад чланови управног одбора одговарају појединачно и колективно Влади Републике Србије, али то није дефиниција одговорности са становишта функционисања система управљања.)

Слична је ситуација и са надзорним одбором кога, такође, именује и разрешава Влада Републике Србије. Суженост његовог деловања огледа се, већ, и у његовим задацима: "прегледа годишњи извештај, годишњи обрачун и предлог за расподелу добити." При томе је обавезан да о резултатима у писменом облику најмање једном годишње обавештава Управни одбор и Владу Републике Србије. Иако по хијерархији, због контролне функције, надзорни одбор треба да има карактер првог реда, то он према постојећој законској регулативи нема (јер само извештава), што још једном потврђује да не постоје дефинисане функционалне везе унутар система управљања железницом.

Наведену тезу још боље илуструје шема именовања органа управљања и одговорности која је дата на слици 2. Из наведене шеме се уочава да не постоји чврста хијерархија управљања, већ се ради о "симултанци" Владе са органима управљања. Влада именује и генералног директора и чланове Управног одбора и Надзорног одбора (чл. 14 и 15 Закона о јавниим предузећима). Ова три органа немају међусобно успостављене односе одговорности те, губе или боље речено немају изворне ауторитете, што се посебно односи на Управни и Надзорни одбор. Иако, министар надлежан за послове транспорта, предлаже саставе ових органа управљања то има карактер формалности. То нарочито важи у тренутним политичким околностима. Он суштински нема хијерархију надређености (због начина именовања) иако по Закону о министарствима има одговорност за стање у области транспорта.

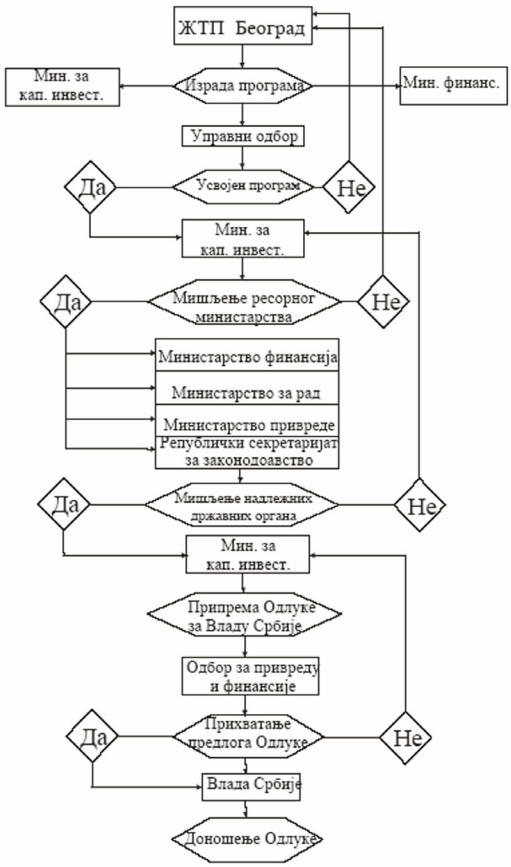


Слика 2. Шема постављења органа управљања на основу важећих прописа

Из наведеног, на крају, можемо закључити да је управљање железницом као јавним предузећем регулисано без уважавања јавног интереса да оно обавља своју делатност ради стицања добити (или што је примереније у постојећим околностима рећи – прихода). При томе се не уважава ни околност да предузеће послује на тржишту транспортних услуга, односно по тржишним условима и да је нужно да има иста права и одговорност на тржишту као и други учесници.

б) Планирање

Два елемента функције планирања су битна за контекст овог рада и то: обезбеђење развоја система и као претпоставка управљања системом. Обезбеђење развоја је засновано на средњорочним и дугорочним плановима, чија израда је обавезна и према Закону о јавним предузећима и према важећем Закону о железници. Да би систем био управљив у годишњем циклусу пословања обезбеђује се "Годишњим програмом пословања" (предвиђено и једним и другим законом) и "Годишњим програмом одржавања железничке инфраструктуре" (према Закону о железници). Израда датих програма је обавеза ЖТП Београд, а процедура усвајања дата је на слици 3. На све програме сагласност даје Влада Републике Србије.



Слика 3. Поступак доношења Програма пословања за ЖТП „Београд"

У овом моменту, без ширег образлагања, указаћемо на ограниченост и релевантност планских (програмских) докумената које говори да у новим (тржишним) условима нисмо решили систем

планирања или, још конкретније, држава као власник није обезбедила економску слободу и подршку железници за тржишно пословање. То су следеће констатације:

- добро планирање као развојна функција је немогуће у условима недефинисаних и неодговарајућих односа на релацији држава - железница
- непостојање стратешких докумената (релевантних) у области транспорта, поред осталих фактора, ствара неизвесност у планирању (ако и постоје документи имају врло ограничену употребну вредност)
- израда "Годишњег програма пословања" почива на неизвесним кључним елементима (висина субвенција) који узрокују значајно кашњење у њиховој изради и у великој мери ометају нормално пословање према законодавном амбијенту (пример Закона о јавним набавкама је довољно убедљив). Овде треба напоменути, и имати у виду, да су годишњи програми пословања уствари фаза реализације већ усвојене стратешке оријентације у средњорочним плановима.
- Поред субвенција, неизвесност у планирању је и код транспортних прихода због, пре свега, несамосталности предузећа у формирању цена транспортних услуга чије је одобравање у надлежности Владе.

в) Област финансирања

У постојећој законској регулативи није експлицитно наведена обавеза државе у погледу субвенција за железнице односно за јавно предузеће које обавља делатност управљања инфраструктуром и транспорт робе и путника. Међутим, Законом о буџетском пословању је предвиђена позиција за јавна предузећа, па тиме и за ЖТП Београд. Законом о буџету за текућу годину се дефинишу средства за конкретна јавна предузећа на позицијама надлежних министарстава. Потом се средствима посебном одлуком Владе, а на предлог ЖТП Београд путем надлежног министарства, дефинише намена и динамика повлачења. У пракси средства су намењена за исплату зарада и финансирања трошкова текуће репродукције, као и одржавање возних средстава и инфраструктуре.

Међутим, у општем случају, она се могу разбити на 8 дефинисаних ставки, а свака ставка на 8 места.

Изнесеном готово да и није потребан коментар. Довољно је уочити следеће:

- У матичном закону и нису обрађене међусобна права и обавезе државе и железнице у погледу субвеницја
- Средства у том погледу нису ни "обојена"
- Претходно речено значајно утиче и доприноси нерегулисаном односу државе и железнице, нарочито у погледу обавеза, што у овом моменту железници као систему уопште не одговора.

3. СМЕРНИЦЕ ЕУ У РЕГУЛАЦИЈИ ОДНОСА "ДРЖАВА - ЖЕЛЕЗНИЦА"

Регулације односа између државе и железнице, односно у постојећим условима између државе и јавног железничког предузећа је у компетенцији државе. Она је дужна да кроз своје акте: законе, подзаконске акте и прописе, као и мере одреди место и улогу железничког предузећа на транспортном тржишту и регулише односе у њему на начин који ће омогућити стварање ефикасног транспортног система и саме железнице. Овде се неће цитирати већ добро познате директиве ЕУ у овој области, нити обавезе актера појединачно, већ ће се указати на оне смернице које су кључне за регулисање самих односа уважавајући при томе наше тренутно стање и околности на овом сектору. То су:

- Знатно већа самосталност предузећа у одлучивању које ће се синхронизовати са њиховим оспособљавањем за тржишно пословање
- Функцију управљања инфраструктуром организовати као јавно предузеће које ће на себе преузети одговорност и трошкове текућег пословања, а држава за развој и одржавање
- Функцију (предузеће) транспорта организовати на тржшним принципима пословања уз обавезу државе за оспособљавање предузећа за самостално пословање
- Дефинисати, увести и регулисати појам обавезе јавног превоза (ПСО) за железничко предузеће. Уколико држава сматра да је задржавање неке линије од јавног интереса, она на основу претходно може обавезати железничко предузеће да одржава дату линију под одређеним и договореним условима. Обавезе, и једне и друге стране, дефинисати уговором у који ће ући и накнаде за железничко предузеће због нерентабилности одржавања исте линије.
- Самостално формирање цена осим за одређне врсте превоза (одређене категорије лица у путничком саобраћају, приградском саобраћају, комбиновати транспорт) за које ће се уговором дефинисати накнада и услови превоза
- Финансијска консолидација предузећа укључујући и решавање проблема дугова уз њихово одређено преузимање

4. ПРЕДЛОГ ЗА РЕСТРУКТУРИРАЊЕ ОДНОСА "ДРЖАВА-ЖЕЛЕЗНИЦА" У СРБИЈИ

Постојећи прописи који регулишу однос државе и железнице и пракса налажу хитан процес реструктурирања односа. Оно је истовремено и услов за нове инвестиције чији извори су, у овом моменту, једино међународне финансијске институције као што су: EIB, EBRD и Светска банка. Предлогом закона о железници и одлуком о оснивању ЈП "Железнице Србије" успостављена је прва фаза у регулисању односа између државе и железнице. Овде ћемо изложити неколико кључних решења која су дата у овим документима према областима које смо анализирали односе у тачки 2.

а) управљање железницом

- дефинисана је структура управног и надзорног одбора у смислу делатности чланова управног и надзорног одбора, као и услови (референце) које треба да испуњавају, односно имају. Међутим, суштинског побољшања у управљању неће бити док се не промене системски закони у овој области: Закон о предузећима и Закон о јавним предузећима који дефинишу односе између појединих органа управљања и њихове надлежности.
- железница као систем се организује на начелима раздвајања делатности управљања инфраструктуром и транспорта са могућношћу појаве више превозника
- омогућена је и појава више управљача инфраструктуре са намером да се и регијама (или аутономним покрајинама) омогући преузимање нерентабилних пруга у своје надлештво. За спровођење предложеног потребно је разрадити моделе финансирања, као и процедуре и рокове.

б) Планирање

У области планирања се настојало доћи до квалитетнијих планова који треба да послуже као основ за дугорочније и извесније сагледавање финансирања и субвенционисања железнице. У коначном, то би требало да доведе до озбиљнијег укључивања свих актера у процес планирања (железничког предузећа, надлежног министарства, министарства за финансије и Владе) и побољшања стратешког и укупног управљања железницом. Данас имамо случај да само железничко предузеће прави програме као спискове жеља који се, заправо, нигде и не усвајају као такви. У одлуци о оснивању ЈП «Железнице Србије», у односу на већ постојеће планове, уведени су или измењени следећи:

- уведен је тзв. померајући петогодишњи план на принципу "rolling" планирања где се наступајућа година изузима (разрађује се у годишњем програму пословања), а додаје пета година. Са овим са постиже релевантније и квалитетније средњорочно развојно планирање као основ за боље и извесније управљање предузећем.
- уведен је израда посебног програма изградње, реконструкције и модернизације железничке инфраструктуре. Овај, као и претходни план, треба да омогуће развој железничке инфраструктуре и повећају одговорност државе и управљача инфраструктуре за исту.
- Уведен је годишњи програм одржавања јавне железничке инфраструктуре, организовања и регулисања саобраћаја, који се заправо односи на управљача инфраструктуре односно на онај део предузећа који се бави овом делатношћу.

в) Област финансирања

У области финансирања се тежило што прецизнијем дефинисању намене средстава које држава издваја за железницу имајући при томе у виду крајњи циљ да одговорност за стање у инфраструктури конкретније преузима држава, а у транспорту само предузеће. Јасно је да постојеће (тренутно) стање, у коме се ни приближно прецизно не могу дати трошкови инфраструктуре и трошкови транспорта, налаже да се претходно наведени циљеви реализају корак по корак. При томе, такође, морамо узети у обзир и тенутни финансијски положај самог предузећа, а тиме и његових будућих делова према делатностима. У предлогу Закона о железници и одлуци о оснивању ЈП «Железнице Србије» уведена су следећа решења која ће се временом остварити:

- субвенционисање управљача (делатности) инфраструктуре вршиће се на основу годишњег програма одржавања јавне железничке инфраструктуре, организовања и регулисања саобраћаја
- субвенције за железничко предузеће које се бави транспортом робе и путника остваривање се кроз уговоре о превозу који ће третирати некомерцијалне линије за предузеће. Држава, наиме, водећи рачуна о ширим друштвеним интересима и транспортном систему као једној целини, уводи право обавезе јавног превоза за железничко предузеће уз релевантну надокнаду трошкова.
- дефинисани су извори средстава за уговорене превозе из области обавезе превоза и обавезе тарифа (буџетска средства)

- дефинисана је обавеза државе да изради програм и реализује финансијску консолидацију ЈП «Железнице Србије»

г) остале области односа између државе и железнице

У Закону о железници решене су и неке друге области од значаја за регулисаније односе између државе и железнице. Овде ћемо навести следеће:

- уведен је и прецизиран појам обавезе јавног превоза на појединим линијама на којима железничко предузеће нема комерцијални интерес. Држава утврђује цене и услове превоза уз надокнаду у разлици између цене и оправдане цене коштања превоза железничком предузећу. Међусобна права и обавезе се дефинишу уговором.
- обавеза јавног превоза може се односити на линије превоза у путничком саобраћају свих категорија (приградски, регионални и даљински), у комбинованом саобраћају или појединих врста робе за предузећа од стратешког интереса за државу.
- утврђена је и могућност увођења обавезне тарифе за одређене категорије путника или робе (опасне материје и контенери) по ценама које су супротне комерцијалним интересима предузећа. Компензације железничком предузећу и услови превоза такође се дефинишу уговором између државе и предузећа.
- дефинисане су процедуре укидања пруга и обустављања саобраћаја на њима, што је врло важно у постојећој ситуацији. Одговорност и одлука за укидање пруга је на Скупштини Републике Србије, а за обустављање саобраћаја на

појединим пругама на Влади Републике Србије при чему образложена иницијатива полази од управљача инфраструктуре.

5. УМЕСТО ЗАКЉУЧКА

Уместо закључка овде ће се изнети неки од предуслова као битних фактора за успешно реструктурирање односа између државе и железнице. Они су се потврдили кроз цео процес израде и усвајања Закона о железници и Одлуке о оснивању ЈП «Железнице Србије». То су:

- постојање обостране воље да се уђе у процес и његову реализацију
- одговајући утицај јавности који ће приморати актере на улазак у процес реструктурирања и држати темпо промена
- увиђање постојања обостраног интереса за регулисање односа
- постојање одговарајућих капацитета институција и органа власти са компетенцијама за извођење промена и регулисање односа
- постојање довољно компетентних људских ресурса који ће креирати односе и обезбедити реализацију и контролу спровођења

Од значаја је и увидети околности од којих крећемо. У многим областима рада железница има законску једнакост са осталим предузећима а неравноправан положај или обрнуто. Ево неколико примера:

- очигледна је диспропорција између захтева за извршење обавеза према Закону о основама безбедности у железничком саобраћају (здравствене контроле извршиоца у саобраћају и проверу њиховог стручног знања, стручна усаршавања) и економске моћи железнице
- изразита социјална политика која се водила са и преко железничког предузећа која је резултирала дводеценијским великим вишком радника и довела до тога да су зараде «појеле» основна средства
- прописи из управљања имовином су такви да онемогућују њихову комерцијализацију и железница, с обзиром на (пореске и друге) обавезе за исту имовину, заправо има само штете или губитке. Држава је прописима обезбедила себи права, а железници није омогућила да користи право управљача по тржишним условима.

Очигледно да излазак из оваквог амбијента говори да још нису створени услови за увођење значајније аутономије предузећа у управљању, јер оно заправо не влада са својим потенцијалима и ефектима свога рада.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Предлог закона о железници, Влада РС, 24.06.2004.
[2] Одлука о оснивању ЈП "Железнице Србије", Службени гласник РС, бр.76, 2. јул 2004.
[3] Пројекат реструктурирања ЖТП "Београд"-План пословања 2004-2008, Booz Allen & Hammilton, Београд, јули 2004 (радна верзија)
[4] Закон о јавним предузећима и обављању делатности од општег интереса, Службени гласник РС, бр. 25/2000, 25/2002
[5] Закон о државној управи, Службени гласник РС, 20/92 (www.propisi.com)
[6] Закон о средствима у својини РС, www.propisi.com
[7] Закон о предузећима, www.propisi.com
[8] Закон о железници, www.propisi.com
[9] Б.Беговић, Б.Бороjевић-"Саобраћајне економске политике", Центар за либерално демократске студије, Београд, 2004.
[10] Саобраћајни институт-ЦИП-"Регулација односа државе и железнице", Саобраћајни институт- ЦИП,Београд,1995
[11] Директиве ЕУ: 91/440 EEC; 2001/12/EC; 95/18/EC; 2001/13/EC; 2001/14/EC; 95/19/EEC

RESTRUCTURING OF RELATIONSHIP BETWEEN THE STATE AND RAILWAY

Branislav Z. Bošković, Dejan Lasica

Abstract: *These days nobody in Europe propounds the question "is it necessary to restructure the Railway" as a dilemma. That question has arisen in the question "how to restructure the Railway as a system according to the directives of EU in this field by respecting local characteristics and environment" long ago. The key points of the restructuring of the Railway as a system are:*

- *Restructuring of the Railway,*
- *Restructuring of the State management in this field,*
- *Restructuring of the relationship between the State and Railway.*

Ii is not possible to restructure the Railway system without changing regulatory rules in this field, as well as without changes in the relationship between the State and the Railway firm. That is the base and precondition for any changes beginning. Creators of the Preposition of the Low on Railways have been afore the dilemma "how to set the relationship between the State and the Railway firm". In this paper the existing relationship between the State and Railway will be explained as well as the concept of the future relationship according to the suggested regulative rules, as the first phase of restructuring Serbian Railways.

Key words: Railway, State, Relationship, Restructuring

PROCES RESTRUKTURIRANJA U ŽTP «BEOGRAD»

Ljubomir Bečejac

Rezime: Rad ima za cilj da pokaže projekciju puta železnice Srbije ka izlasku iz krize i prelaska u efikasan saobraćajni i poslovni sistem. Opisano je aktuelno stanje u preduzeću i date su kratke informacije o infrastrukturi, voznim sredstvima i ljudskim resursima i informacije o pokazateljima poslovanja u poslednjem periodu. U drugom delu date su osnovne postavke restrukturiranja, ključne strategije i pravno-institucionalni okvir. Presek stanja na projektu je centralna oblast rada i govori o dosadašnjim aktivnostima u restrukturiranju svih segmenata poslovanja. Mere i aktivnosti u prelaznom periodu su obaveze koje železnica i Država moraju sprovesti u periodu do 2007. godine. Na kraju rada su izloženi očekivani efekti procesa restrukturiranja.

Ključne reči: Železnica Srbije, restrukturiranje, strategija.

1. UVOD

Država Srbija i Crna Gora se nalazi u središtu Balkana i predstavlja najkraću vezu između zapadne Evrope i Bliskog istoka. Železnički saobraćaj, najznačajnije prihode ostvarivao je od tranzita robe. Od glavnih transevropskih koridora, železnička mreža Srbije vezuje se za tri (Koridor X, IV, i IX) pa ipak tu svoju pogodnost u protekloj deceniji nije mogla da iskoristi.

Štaviše, razvoj političke situacije u toku ovog perioda i formiranje novih granica doveli su do drastičnih promena u reginalnim trgovinskim vezama. Ekonomska kriza rezultirala je kolapsom industrijske proizvodnje i ličnih primanja čime se još više umanjila potražnja za železničkim transportom. Ukupan učinak u putničkim kilometrima u toku 2000. godine u Srbiji je predstavljao samo 27 % učinka iz 1990. godine. Isti slučaj je i sa robnim saobraćajem koji je u 2000. godini dostigao 26% od učinka iz 1990. godine.

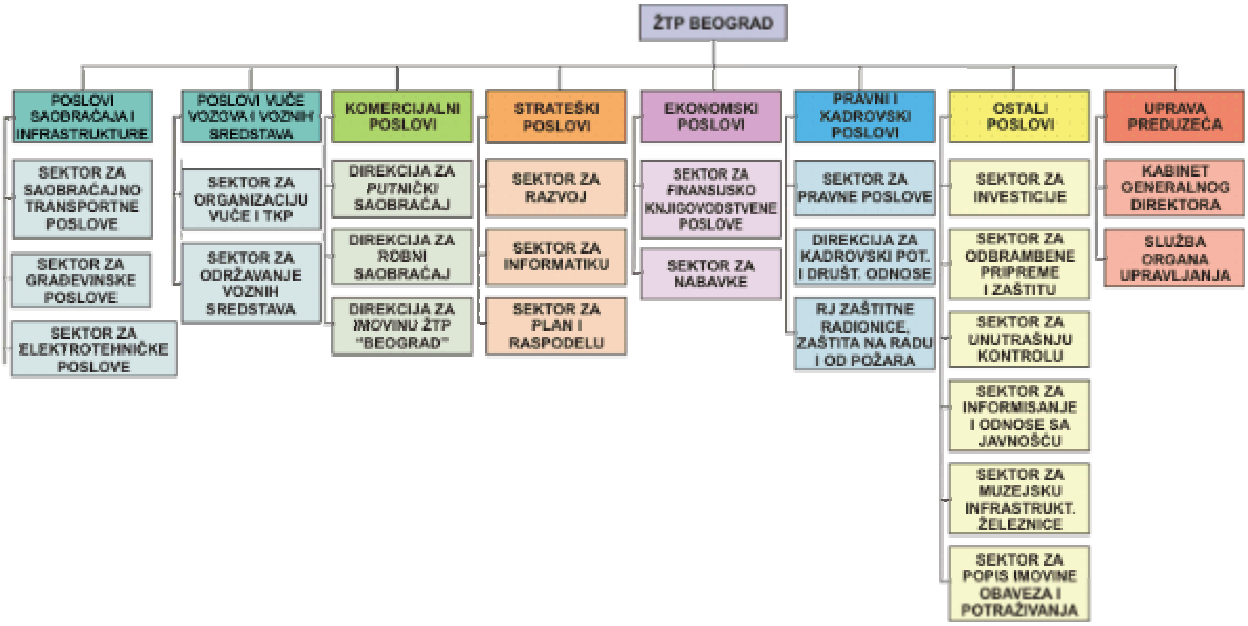
U izveštaju Programa za ekonomsku tranziciju i oporavak primećeno je da je ovo smanjenje veće nego u većini bivših socijalističkih zemalja u regionu. Kao posledica toga, udeo železničkog saobraćaja u ukupnom transportu je 5% u putničkom i 33% u robnom saobraćaju.

2. AKTUELNO STANJE

Zakonom o železnici Republike Srbije iz 1991. godine osnovano je Javno železničko transportno preduzeće «Beograd». Tada uspostavljena organizacija Preduzeća nije se bitno promenila u protekloj deceniji. Razlozi za to su:

- godine centralizovanog upravljanja državnom privredom
- decenija turbulentnih političkih ekonomskih događaja
- delimična primena prporuka konsultanske kuće SOFRERAIL (1989.god.)

ŽTP «Beograd» danas upravlja sa 12% ukupnog državnog kapitala i nažalost stvara 11% ukupnih gubitaka Republike Srbije.



Slika 1. Prikaz strukture ŽTP "Beograd"

[1] mr Ljubomir Bečejac, ŽTP "Beograd", Nemanjina 6, 11000 Beograd

2.1. Infrastruktura

Osnovne karakteristike infrastrukture mogle bi se rezimirati u sledećem:

- prosečna starost pruga u Srbiji iznosi oko 40 godina
- tri četvrtine pruga izgrađeno je pre drugog svetskog rata
- od ukupno 3809 km pruge samo 33% je elektrificirano a 7% su dvokolosečne pruge
- na samo 3,4% ukupne dužine brzine su preko 100km/h
- godišnje se održavalo oko 14 km a prema veličini i starosti trebalo je oko 200 km pruge.
- zastarela tehnologija i oprema signalnih i telekomunikacionih postrojenja

2.2. Vozna sredstva

Loše stanje i nizak nivo ispravnosti voznih sredstava jedna je od glavnih prepreka povećanju obima rada, kako u putničkom tako i u robnom saobraćaju.

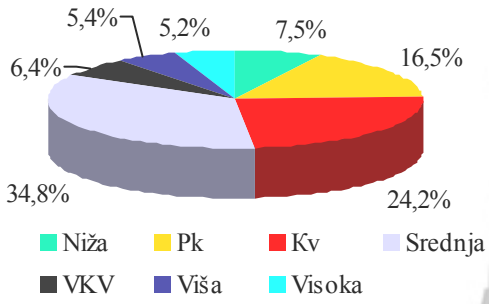
Tabela pokazuje osnovne pokazatelje stanja voznih sredstava koje poseduje ŽTP "Beograd".

Tabela 1. Pokazatelji stanja voznih srestava ŽTP "Beograd"

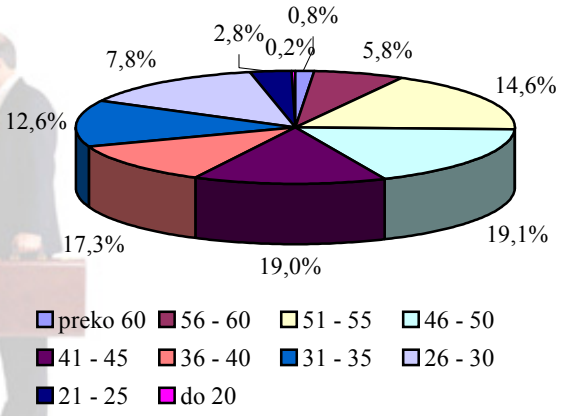
	diz.lok	el.lok	DMV	EMV	put.kola	teret.kol.
prosečna starost (godina)	32	27	32	17	27	30
procenat ispravnosti	19	37	27	40	45	38

2.3. Ljudski resursi

Na dan 31.08.2004. godine u ŽTP «Beograd» je bilo 26602 zaposlena. Oko 5300 zaposleno je u preduzećima čiji je osnivač železnica. Zbog toga što se funkcija ljudskih resursa smatra više administrativnom nego esencijalnom za razvoj Preduzeća može se reći da je upravljanje ljudskim resursima nezadovoljavajuće.

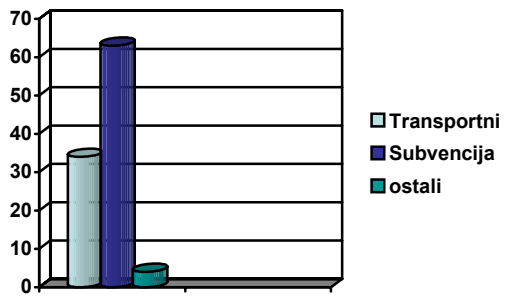


Struktura po školskoj spremi u procentima na dan 31.12.2003 god.

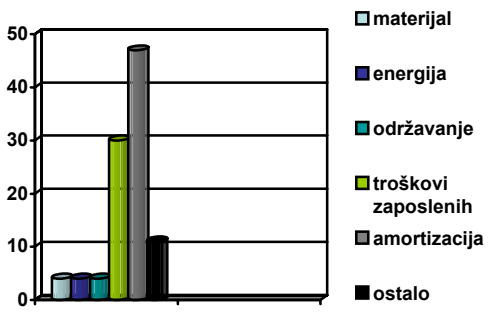


Starosna struktura u procentima na dan 31.12.2003 god.

Slika 2. Ljudski resursi ŽTP "Beograd"



Prihod



Rashod

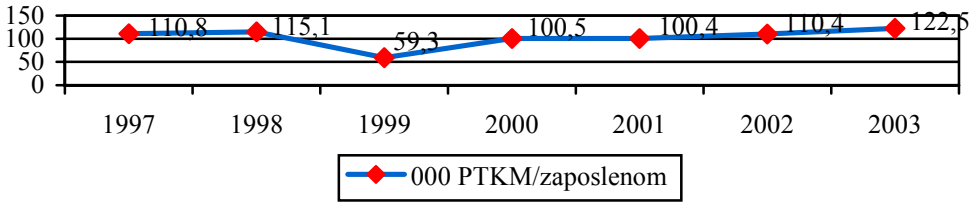
Slika 3. Struktura prihoda i troškova za 2003. godinu

Iz podataka sa slike 2. proizilazi:

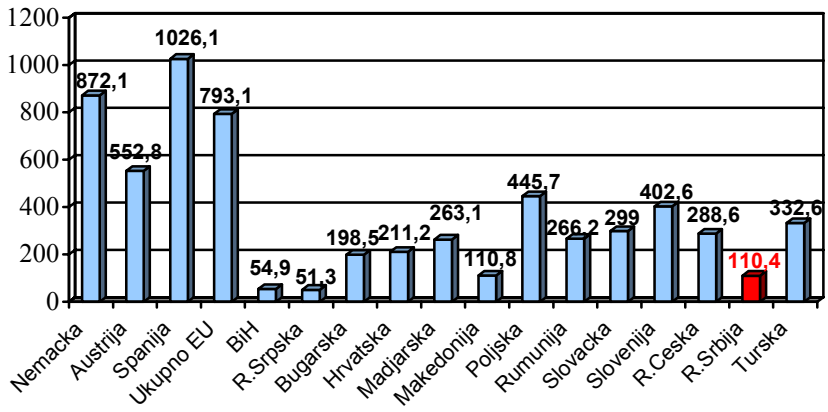
- ŽTP «Beograd», je relativno «mlado» preduzeće (samo 20% ima preko 50 godina)
- bazna kvalifikaciona struktura je srednja stručna sprema – KV, ukupno oko 60%
- oko 5% ukupnog broja ima visoku stručnu spremu

2.4. Pokazatelj poslovanja

U 2003. godini prevezeno je 14,3 miliona putnika i 10,9 miliona tona robe. Ostvaren prihod po oba osnova iznosi 5.526 miliona dinara, što u evrima iznosi 76,1 milion. Kretanje produktivnosti ŽTP "Beograd" u periodu od 1997. do 2003. izražena u putničkim kilometrima po zaposlenom prikazana je na slici 4.



Slika 4. Produktivnost ŽTP «Beograd» u periodu 1997. -2003.



Slika 5. Produktivnost železnica u Evropi 2002. godine

3. OSNOVNE POSTAVKE RESTRUKTURIRANJA

Posledice aktuelnog stanja u Preduzeću praktično predstavljaju razlog neophodnosti ulaska u proces restrukturiranja.

- ŽTP «Beograd» je visoko centralizovano preduzeće koje je u maloj meri usredsređeno na ekonomski aspekt donošenja odluka
- Zastarela organizacija sa malim stepenom ovlašćenja
- Postojeći honglomerat železničkih i neželezničkih delatnost ne obezbeđuje dovoljnu usredsređenost na rešavanje osnovnih problema na železnici
- Nivo kvaliteta se ne može garantovati
- Ne postoji jasna raspodela odgovornosti za unapređenje komercijalnog učinka
- Finansijske obaveze su u disproporciji sa rezultatom tekućeg poslovanja

3.1. Ključne strategije restrukturiranja

Definisanjem vizije ŽTP –ove budućnosti koja mora biti optimistična i zasnovana na realnim pretpostavkama kristališu se osnovni ciljevi.

- finansijska konsolidacija Preduzeća
- efikasan saobraćajni i poslovni sistem
- smanjenje opterećenja državnog budžeta
- racionalizacija troškova
- usklađivanje sa evropskim standardima

Najteži deo posla u procesu restrukturiranja je pronaći najefikasniji put do ovih ciljeva. U saradnji sa konsultanstkom kućom BOOZ/ALLEN/HAMILTON definisali smo pet ključnih strategija za realizaciju zacrtanog cilja. To su:

1. Racionalizacija mreže
2. Reorganizacija ŽTP «Beograd»
3. Strategija održavanja (infrastrukture i voznih sredstava)
4. Strategija ulaganja u nove projekte (investicije)
5. Strategija ljudskih resursa

Put i način sprovođenja navedenih strategija ima svoj pravno institucionalni okvir. To su pre svega direktive EU od kojih su najbitnije:

- Direktiva 91/440/ES koja zahteva razdvajanje upravljanja infrastrukturom i prevozom. Naglašava potrebu komercijalne samostalnosti železničkog menadžmenta i zahteva od države da železnici smanji dugove
- Direktiva 95/18/ES uspostavlja pravila o dodeli licenci i sertifikata
- Direktiva 95/19/ES zahteva od vlada da uspostave okvir za utvrđivanje pravila za određivanje taksi za upotrebu infrastrukture. Pored ovih i niza drugih direktiva koje modifikuju i dopunjavaju postojeće, deo institucionalnog i pravnog okvira prestavlja Odluka Vlade Srbije o osnivanju Javnog preduzeća za upravljanje javnom železničkom infrastrukturom i

obavljanje javnog prevoza u železničkom saobraćaju i Zakon o železnici koji je još uvek u skupštinskoj proceduri.

4. PRESEK STANJA NA PROJEKTU RESTRUKTURIRANJA

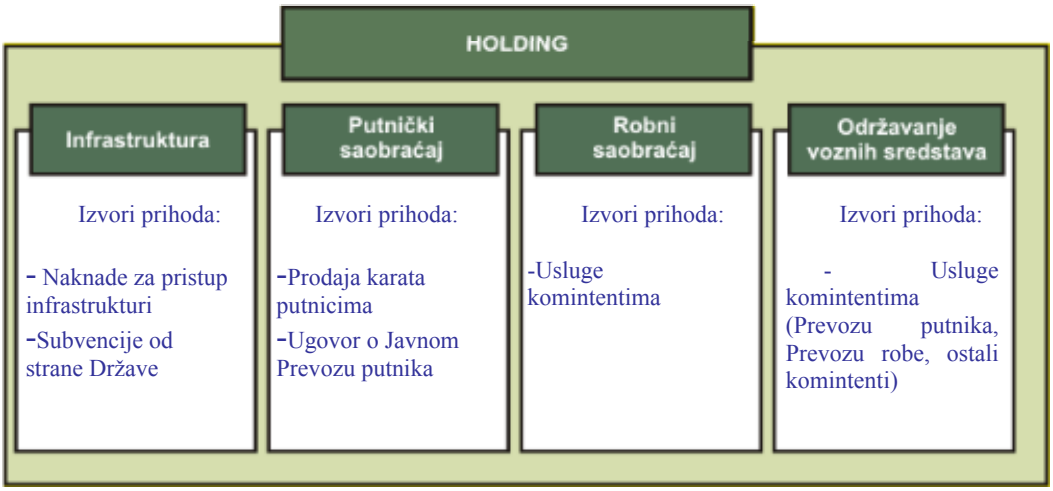
4.1. Organizacioni modeli

U Evropi postoje tri organizaciona modela železnice:

- integrativni
- holding
- separatni

Analizom postojećih modela železnica u zemljama EU a i okolnih železničkih uprava kao najpovoljniji oblik organizovanja razmatra se holding kompanija.

Holding model pruža jasnu podelu zaduženja između pojedinačnih delatnosti i obezbeđuje kontinuitet u socijalnom statusu zaposlenih



Slika 6. Holding model organizacije

4.2. Revizija regulative

Postojeći predlog Zakona o železnici, amandmani na Zakon i Odluka Vlade rezultat su konačnih stavova, komentara i preporuka datih od strane konsultantske kuće BOOZ/ALLEN/HAMILTON.

4.3. Restrukturiranje duga

Dug koji opterećuje ŽTP «Beograd» grubo je podeljen na stari, nastao do 1995. godine i novi koji je nastao u periodu 1996-2002. god.Taj problem razmatran je u kontekstu ostalih železnica i analizirano je nekoliko opcija finansijske konsolidacije Preduzeća. Čest slučaj komercijalizacije železničke imovine (iznajmljivanje i prodaja) kao način otplate dugova kod nas nije prihvatljiv pre svega jer zakonska regulativa u toj oblasti tako nešto ne omogućava a i finansijski rezultat je u disproporciji sa veličinom dugova. Primenljivo rešenje je kombinacija parcijalniog otpisa duga i pretvaranje duga u državni kapital.

4.4. Restrukturiranje radne snage

Pre svega urađena je fundamntalna revizija postojećih aktivnosti i analiza efikaksnosti u korišćenju sopstvenih resursa. Baza za definisanje potreba svih resursa pa i ljudskih je nova organizacija sa maksimalnom racionalizacijom mreže pruga i usluga. Jednim takvim pristupom došlo se do orjentacionog broja i dinamike racionalizacije radne snage. Obzirom da je u periodu od 2000. godine smanjen broj zaposlenih za više od 6000, cilj je da do kraja 2006. godine na železnici bude 18000-19000 zaposlenih.

4.5. Uvođenje novih računovodstvenih standarda

Konsultantska kuća BAH uradila je Osnovni finansijski izveštaj po međunarodnim računovodstvenim standardima za dve prethodne godine što će biti osnova za buduće izveštavanje. Poseban tretman imala je analiza amortizacije (47% ukupnih rashoda) a kao preporuka predložena je nova procena kapitala Preduzeća.

4.6. Plan poslovanja 2004-2008.

Analitičkim pristupom procesu restrukturiranja definisan je novi nivo ekonomske aktivnosti kao osnova za određivanje svih resursnih potreba novog Preduzeća. Po usvajanju ovog Plana izradiće se i Plan za 2005-2009. koji će svojom primenom znatno poboljšati situaciju u kojoj se danas železnica nalazi.

5. MERE I AKTIVNOSTI U PRELAZNOM PERIODU

U prelaznom periodu do 1.1. 2007. godine i železnica i Država moraju sprovesti niz mera.

* Mere koje treba da preduzme Država

- Usvajanje zakonskih akta
- Sastavljanje Ugovora o obavezi obavljanja javnog prevoza
- Formiranje jedinice za restrukturiranje železnice pri

Ministarstvu finansija
- Izrada i primena programa za restrukturiranje duga
- Formiranje regulatornog tela za železnicu
- Razvoj mehanizma za naplatu pristupa infrastrukturi

* Mere koje treba da preduzme železnica

- Formiranje jedinice pri železnici koja će biti nadležna za restrukturirae
- Nova procena kapitala
- Reorganizacija Preduzeća i podela računa
- Izrada predloga za finansiranje putem obaveza javnog prevoza
- Primena :
  - Mera za unapređenje finasijskog upravljanja i kontrole
  - Plana za restrukturiranje radne snage
  - Plana razvoja ljudskih resursa
  - Plana komunkacije

6. OČEKIVANI EFEKTI

- Preduzeće će biti osposobljeno da samostalno egzistira na tržištu u konkurenciji i saradnji sa drugim vidovima saobraćaja (drumski, vazdušni, vodni)
- Ostvariće se porast učešća Železničkog saobraćaja u ukupnom prevozu
- Privreda će dobiti prevoznika čija je usluga efikasna, kvalitetna i ekonomski prihvatljiva
- Društvo će dobiti prevoznika koji čuva okolinu za naredne generacije i doprinosi održivom razvoju
- Građani će dobiti kvalitetniji prevoz železnicom
- Zaposleni će raditi u boljim radnim uslovima i ostvarivati veće zarade.

RESTRUCTURING PROCESS IN ŽTP "BEOGRAD"

Ljubomir Bečejac

Abstract: *The aim of this paper is to present the projectin of Serbians railways path in finding the way out of crisi and transition into efficient transport and business system. The following areas have been covered: Current situation in the company with summarized information on infrastructure, rolling stock and huma resources, as well as the information on performance indicators in the current period; the second part presents the basic principles of restructuring key strategies ad legal&institutional framework. Key topic if this paper is project status cross section and it presents the up to date activities with respect to restructuring of all busniess segments. Steps and activities in the transitional period represent the obligations which Railway and the State need to implement by 2007. The paper (presentation) ends with the expected effects of restructuring process.*

Key words: Serbian Railways, restructuring, strategy

PERSPEKTIVE UNIVERZITETSKE NASTAVE I ULOGA UNIVERZITETA U RAZVOJU ŽELEZNICE

Miodrag Manić, Dušan Stamenković [1]

Rezime: *Brži tempo ravoja novih tehnologija menjaju način na koji živimo, opštimo, proizvodimo i učimo. Globalizacija i brzi tehnološki razvoj uslovljavaju promenu dosadašnjeg modela univerziteta. Potpisivanjem Bolonjske dekleracije evropske zemlje su postavile za cilj stvaranje jedinstvenog evropskog prostora visokog obrazovanja. Reforma visokog školstva u Srbiji podrazumeva i izmenu zakonske regulative u toj oblasti. Novi model univerziteta treba da obezbedi efikasnije i fleksibilnije studiranje prilagođeno evropskim standardima kvaliteta. S obzirom da železnici takođe predstoji temeljna strukturna transformacija, saradnja između Univerziteta i železnice bi omogućila efikasniju realizaciju tih promena.*

Ključne reči: Železnica, univerzitet, nastava, internacionalnost

1. UVOD

Visokoškolska nastava u Srbiji ima dugu tradiciju, a posebno mesto u tome zauzima školovanje tehničkog kadra. Nastavni planovi i programi koji su se do danas zadržali u tehničkim strukama, su koncepcijski nastali krajem šesdesetih i početkom sedamdesetih godina prošlog veka. U takvim programima je dominiralo znanje iz matematičko-teorijskih i opšte tehničkih predmeta koje se provlačilo kroz većinu nastavnih predmeta. Tek jedna četvrtina predmeta bila je usmerena ka konkretnoj struci, tj. prema izlaznom profilu inženjera. To je bilo u skladu sa tadašnjim razvojem tehnike.

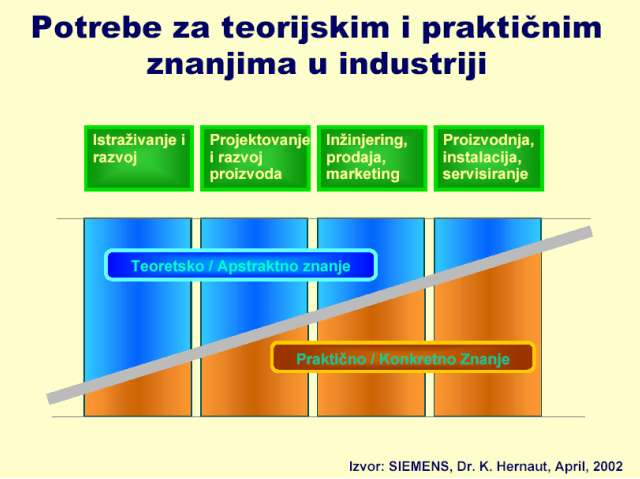
Osnovne karakteristike dosadašnjeg visokoškolskog obrazovanja tehničkog kadra su sledeće:

- Duge i teške osnovne studije
  - najbolji studenti su na svetskom nivou
  - srednji nivo studenata ispod standardnog proseka;
- Mali procenat inženjerskog praktično primenljivog znanja i savremenih razvojno-proizvodnih tehnologija koje se stalno razvijaju i usavršavaju;
- S obzirom da poseduju dosta teoretskih osnova a malo praktično primenljivih inženjerskih znanja koja se uglavnom traže na tržištu znanja, postoje teškoće kod uklapanje diplomiranih inženjera u poslovne i proizvodne sistema;
- Mali procenat informatičkih predmeta;
- Mali procenat diplomira u roku;
- Nepostojanje sistema kontrole kvaliteta na univerzitetima i sistema akreditacije i sertifikacije;
- Nemogućnost da se pređe sa jednog fakulteta na drugi bez velikog broja dopunskih ispita koji nekada imaju isti naziv, ali ih predaju različiti ljudi.

Prethodne konstatacije upućuju na zaključak da je neophodno promeniti sistem studiranja, kako po strukturi i planovima, tako i prema režimima studija.

Sve oblasti života su poslednjih godina doživele značajne promene. Brži tempo ravoja novih tehnologija menjaju način na koji živimo, opštimo, proizvodimo i učimo. Globalizacija i brzi tehnološki razvoj uslovljavaju napuštanje dosadašnjeg modela univerziteta.

Na slici 1 ilustrativno je prikazan odnos potrebnog teorijskog i praktičnog znanja koje bi danas trebalo da imaju inženjeri s obzirom na oblast rada [10]. Ovakve analize i različita istraživanja uslovila su reformu visokoškolske nastave u Evropi.



Slika

Do osamdesetih godina dvadesetog veka istraživanje projektovanje i razvoj proizvoda su se sprovodili u svim većim fabrikama tako da se tim poslovima bavio veliki broj inženjera. S obzirom da je industrijska globalizacija uslovila da se istraživanje i razvoj proizvoda sprovode samo u institutima i centrima velikih korporacija, znači da je u to uključen manji broj inženjera. Ovo upućuje na zaključak da je većini inžejnera danas potrebno praktično/konkretno znanje za poslove prodaje, proizvodnje i održavanja.

2. BOLONJSKI PROCES

Bez obzira na međusobne različitosti sve evropske zemlje imaju slične probleme u oblastima visokog obrazovanja. Prosečna dužina studiranja je velika tako da se studenti prekasno uključuju u profesionalni život. Analiza

[1] dr Miodrag Manić, red. prof., dr Dušan Stamenković, docent, Mašinski fakultet u Nišu

evropskih univerziteta, do 90-tih godina prošlog veka, pokazala je da su oni inertni i konzervativni kao i da se sporo prilagođavaju sve bržim promenama u savremenom svetu. Sve manje mogu da odgovore izazovima izuzetno brzog tehnološkog razvoja, odnosno obrazovanje koje nude sve više zaostaje za potrebama društva. Rascepkanost i nekompatibilnost nacionalnih sistema visokog obrazovanja jedna je od prepreka ujedinjenju Evrope i jedinstvenom tržištu rada koje bi u njoj trebalo da nastane. Takođe sve veća konkurencija američkih univerziteta koji otvaraju svoja odeljenja u Evropi zahteva drugačiji koncepcijski i suštinski pristup u visokoškolskom obrazovanju.

Bolonjska deklaracija predstavlja evropski odgovor u rešavanju navedenih problema. Juna 1999. godine ministri obrazovanja dvadeset devet evropskih zemalja dogovorili su se da otpočnu proces reforme svojih univerziteta i potpisali deklaraciju na najstarijem evropskom univerzitetu. Srbija i Crna Gora su Bolonjsku deklaraciju potpisale septembra 2003. godine. Rezultat tog procesa, koji je planiran da traje do 2010. godine, trebalo bi da budu konvergentni sistemi visokog obrazovanja u Evropi, uz očuvanje nacionalnih kulturnih i jezičkih specifičnosti.

Cilj reformskih postupaka koji su usledili posle deklaracije, a nazivaju se ***Bolonjski proces***, jeste ***stvaranje evropskog prostora visokog obrazovanja i povećanje međunarodne kompetetivnosti evropskih univerziteta***.

Vitalnost i efikasnost jedne civilizacije, ističu autori *Bolonjske deklaracije,* može se meriti time koliko je drugima njena kultura privlačna. Reformama koje podrazumeva bolonjski proces evropsko univerzitetsko obrazovanje trebalo bi da bude privlačno u globalnim razmerama.

Tokom reformi koje predviđa *Bolonjska deklaracija* biće ujednačeni akademski stepeni (diploma, magistratura, doktorat), koji su se do sada razlikovali u nacionalnim sistemima. Time se postiže potpuna prevodivost stečenog obrazovanja u čitavoj Evropi.

Preporuka *Bolonjske deklaracije* je da osnvne studije, dodiplomske studije traju tri ili četiri godine i da studente osposobljavaju za profesionalni rad. Postdiplomske studije trebalo bi da traju jednu ili dve godine, i da omogućavaju dodatno usavršavanje ili da uvode studente u naučni rad koji bi bio nastavljen pisanjem doktorske disertacije.

Ujednačavanje akademskih stepena omogućiće pokretljivost diplomiranih stručnjaka, ali to nije dovoljno. Potrebno je omogućiti i pokretljivost onih koji još uvek studiraju. Na primer da se studije započete u jednoj zemlji mogu nastaviti u drugoj, i da se eventualno diplomira u trećoj. To znači da pored diploma i semestri budu prevodivi. Prevodivost se postiže uvođenjem *Evropskog sistema prenosa bodova* (ECTS). Umesto nastavnih predmeta koji traju dva semestra pa nekad i više, svi univerziteti preći će na sistem semestralnih ili trimestralnih kurseva. Neki kursevi, koji predstavljaju jezgro struke na nekim nastavnim grupama, biće obavezni za sve studente, ali će biti i izbornih kurseva na koje će se studenti upisivati prema vlastitoj sklonosti. Na taj način će im biti omogućeno da steknu spremu koja se od inženjera očekuje, ali i da preko izbornih kurseva već na dodiplomskim studijama profilišu svoje znanje, da se izborom srodnih predmeta specijalizuju u okviru struke, ili da steknu korisna znanja iz drugih naučnih disciplina.

Napor koji student treba da uloži u uspešno savlađivanje svakog kursa trebalo bi da bude precizno merljiv i prevodiv u ukupan broj radnih sati na nastavi, u pripremi za časove, u izradi domaćih radova i pripremanju ispita, koji, opet, može biti prevođen u određeni broj bodova. Optimalni broj bodova tokom jedne školske godine trebalo bi da bude 60. Tako zarađeni bodovi mogli bi se bez nepotrebnih komplikacija uložiti u nastavak studija na nekom drugom univerzitetu. Studenti treba da se ohrabre i stimulišu da rade i uče kontinuirano, umesto da tek na kraju godine počnu da pripremaju ispit.

Osim mobilnosti studenata, Bolonjska deklaracija insistira i na mobilnosti nastavnika, saradnika i istraživača.

U Bolonjskoj deklaraciji se izričito kaže da proces reformi visokog obrazovanja osmišljavaju i sprovode univerziteti sami. Oni su akteri reforme, a ne njeni objekti. Evropsko zakonodavstvo insistira na autonomiji univerziteta i deregulaciji visokog obrazovanja. Zbog toga univerziteti treba da uvedu složeni sistem evaluacije i obezbeđenje kvaliteta, tj. sistem akreditacije. Ovo treba da budu konstantne aktivnosti koje treba da obezbede prilagođavanje novim uslovima i opstanak na tzv. tržištu znanja.

Treba naglasiti da je u Evropi Univerzitet nosilac reformi i autonomije, dok se fakulteti, u našem smislu reči, konstituši kao departmani univerziteta ili studijske grupe.

3. REFORMA UNIVERZITETA KOD NAS

Sve promene i transformacije, koje se odigravaju na univerzitetima i fakultetima, treba usaglasiti sa zakonskom regulativom, ili njima prilagoditi zakonsku regulativu. U našoj zemlji, za sada, pored pristupanja Bolonjskoj deklaraciji, ne postoji adekvatna zakonska regulativa za kompletnu primenu principa Bolonjske deklaracije. Uglavnom se u okvirima važećeg zakona vrše manje značajne promene režima studija i planova i programa, dok suštinskih promena i dalje nema. Dvojno zakonodavstvo, više škole i univerziteti, su velika prepreka za jedinstveni sistem višeg i visokog obrazovanja.

Ministarstvo prosvete i sporta Republike Srbije je definisalo ciljeve uspostavljanje modernog sistema visokog obrazovanja u skladu sa Bolonjskim procesom. Reforma bi trebalo da unutar sistema postigne sledeće:

- povećanje efikasnosti sistema visokog obrazovanja u smislu smanjenja broja onih koji odustaju od studija, kao i smanjenja dužine studiranja;
- uvođenje mehanizama kontrole kvaliteta nastavnog procesa i to kako samih programa tako i izvođenja nastave;
- uspostavljanje relevantnosti nastavnih programa, imajući u vidu nacionalne potrebe i zahteve tržišta;
- uključenje studenata kao partnera u obrazovnom procesu.

Na širem planu ovo podrazumeva:

- doprinos demokratskom razvoju zemlje;
- podršku procesu tranzicije, a naročito u ekonomskom oporavku;
- promociju vrednosti evropske integracije.

Postojeće povoljne okolnosti za reformu su:

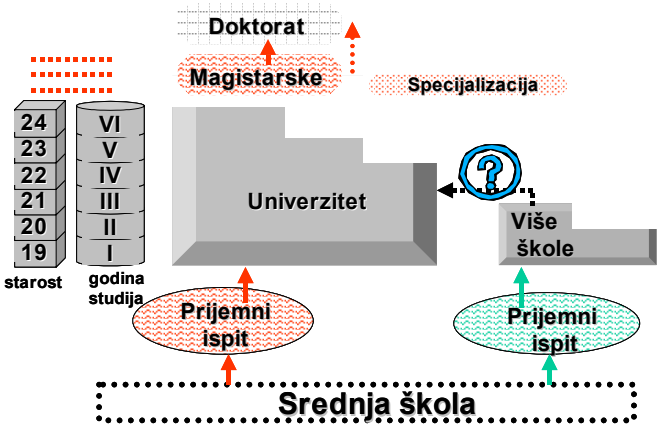
- Odluka Vlade Republike Srbije da pristupi Bolonjskom procesu i da pruži podršku nacionalnom sistemu visokog obrazovanja u učestvovanju u Bolonjskom procesu.

- Prihvatanje Bolonjskog procesa od strane Asocijacije univerziteta Srbije.
- Uviđanje viših škola da kao dvogodišnje škole, sa programima koji prate tradicionalne discipline, i izuzetno niskim ugledom u javnosti, ne mogu opstati u sistemu visokog obrazovanja.
- Veći broj nevladinih organizacija koje su aktivno učestvovale u visokom obrazovanju proteklih deset godina, istovremeno prateći reformske procese u Evropi, čiji su eksperti spremni da se prihvate sličnih poduhvata u našoj zemlji.
- Jasna svest studenata o neophodnosti sprovođenja reformi, kao i njihova volja da reforme aktivno potpomažu i u njima učestvuju.

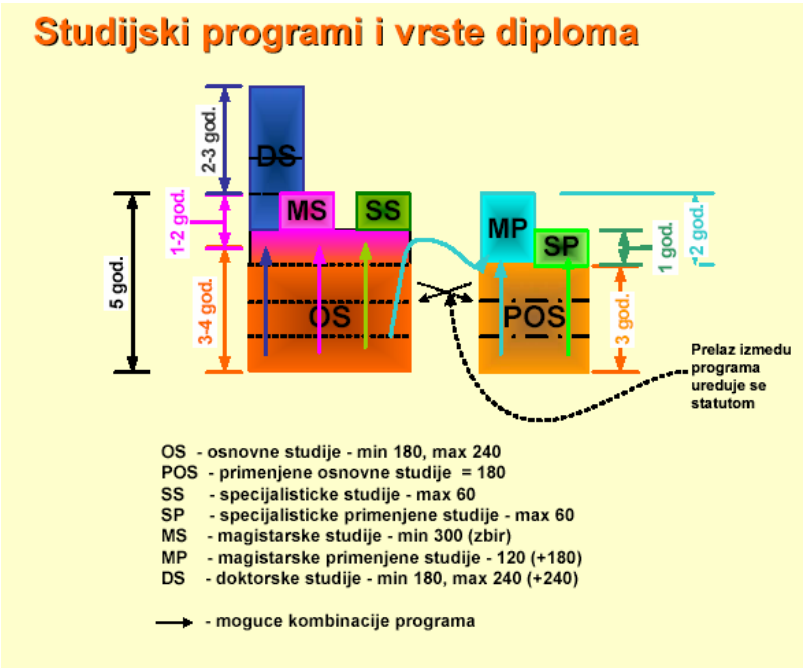
Postojeće opasnosti uvođenja reformi mogu se iskazati na sledeći način:

- Univerzitetski sistem u Srbiji je tradicionalistički strukturisan i veoma čvrsto ukalupljen, a uz to vlada i opšti stav da ga samo nedostatak finansijskih sredstava deli od perfekcije.
- Izražena bojazan od svih spoljnih uticaja koje bi država (koja je u prošlosti uvek bila sinonim za vladajuću partiju) mogla imati na univerzitet. Stoga, u težnji za apsolutnom autonomijom, potpuno je izgubljen osećaj odgovornosti za urađeno ili neurađeno. Ovo je dovelo do nepostojanja samoevaluacije i drugih metoda komparativne evaluacije koje bi pomogle pri sagledavanju sopstvenih pozicija u akademskom svetu.
- Nedostatak iskustva u aktivnom učestvovanju u reformama, budući da su iste već pedeset godina spolja nametane od strane vladajućih krugova.
- Strah od uspostavljanja drugačijeg sistema vrednosti, a bez mogućnosti da se predvidi sopstveno mesto u istom.
- Dugotrajni fenomen "odliva mozgova", čija posledica je odsustvo čitave generacije nastavnog kadra, i to baš one koja bi trebala da bude pokretač promena.
- Činjenica da se rezultati reformi ispoljavaju tek nakon dužeg vremenskog perioda može uticati na izostanak kompetitivnosti među institucijama na polju reforme.

Na slici 2 je šematski prikazan sistem aktuelnog višeg i visokog obrazovanja u Srbiji.



Slika 2 Aktuelni sistem višeg i visokog obrazovanja u Srbiji



Slika 3 Sistem visokog školstva posle transformacije

U konceptu transformacije višeg i visokog obrazovanja predviđa se novi sistem visokog školstva koji je prikazan sledećom šemom na slici 3.

U okviru transformacije nastave i nastavnih planova održavaju se brojna savetovanja, koja imaju za cilj da akterima reformi pomognu oko definisanja ciljeva i metodologije uvođenja reformi. U okviru tehničkih struka, na Kopaoniku je 11.03.2004 održan skup "INTEGRISANI UNIVERZITET I TEHNIČKE STRUKE-TREND 2004.". Najvažniji zaključci tog skupa su:

- U ispunjavanju obaveza koje smo preuzeli potpisivanjem Bolonjske deklaracije postoje dva učesnika: država sa svojim zakonodavnim okvirom i izvorom finansiranja i institucije visokog obrazovanja.
- Primarna obaveza države je izrada strategije visokog obrazovanja Republike Srbije koju bi morala da verifikuje Skupština Republike Srbije kao dugoročan okvir razvoja društva. Ovaj dokumenat mora da obuhvati plan razvoja u narednih 5, 10 i 20 godina, kao nacionalni cilj sa projekcijama odnosa između strukovnih i akademskih studija, broja i procenta populacije koja treba da ima visoko obrazovanje, definiše odnos države prema visokom obrazovanju, strategiju potrebe profila koji su potrebni tržištu rada, i u okviru toga da definiše položaj osnovnih inženjerskih disciplina i obezbeđenje resursa posebno finansiranja.
- Država mora do kraja 2004. godine da donese zakon o visokom obrazovanju u skladu sa evropskim modelima i standardima i u okviru njega reguliše stabilne izvore finansiranja (kroz poseban zakon o finansiranju visokog obrazovanja) i kontrolu kvaliteta visokog obrazovanja (u državnom i privatnom sektoru) kroz postupak akreditacije.
- Institucije visokog obrazovanja treba da pristupe reformi nastavnog procesa sa sledećim ciljevima:
  a. povećanje efikasnosti studija (skraćenje prosečnog vremena studiranja),
  b. povećanje fleksibilnosti studija sa više izlaznih profila u skladu sa potrebama tržišta,
  c. prilagođavanje evropskim standardima kontrole kvaliteta i uvođenje sopstvenih postupaka i standarda kvaliteta,
  d. pripreme za uvođenje tri ciklusa studija u skladu sa Bolonjskim procesima, pri čemu je za zvanje diplomiranog inženjera neophodno 300 kredita,
  e. uvođenje jedinstvenog informacionog sistema na nivou institucije i celokupnog sistema visokog obrazovanja i
  f. povećanje atraktivnosti univerzitetskog obrazovanja za studente sva tri ciklusa studija.
- Kratkoročni zadaci institucija visokog obrazovanja u tehničkim strukama su:
  - uvođenje dodatka diplomi na srpskom i engleskom jeziku (do kraja 2004. godine),
  - uvođenje kontinualnog ocenjivanja studenata i obezbeđenje bar 50% valorizacije rada studenata tokom semestra (do kraja 2004 godine),
  - evaluacija nastavnog rada od strane studenata (do kraja 2004. godine),
  - uvođenje jednosemestralnih predmeta (do kraja 2005. godine),
  - uvođenje kreditnog sistema kompatibilnog sa evropskim sistemom prenosa bodova (do kraja 2005. godine) i
  - dogovor na nivou tehničkih struka o broju kredita za prva dva stepena nastave (u godinama 3+2 ili 3.5+1.5 ili 4+1).
- Formiranje bilo koje državne ili privatne visokoškolske institucije (fakulteta i/ili univeziteta) mora proći postupak inicijalne akreditacije prema procedurama i standardima koje je definisala republička Komisija za akreditaciju.

4. UNIVERZITET I ŽELEZNICA

ŽTP-u "Beograd" predstoji restrukturiranje i sprovođenje značajnih promena. Buduće železničko preduzeće će biti okrenuto tržištu odnosno komercijalnom načinu poslovanja. To podrazumeva i podizanje tehničkog nivoa u pogledu vozila, infrastrukture i informacionog sistema. U procesu transformacije kao i u novom železničkom preduzeću odlučujuću ulogu će imati visokoškolski kadrovi. Univerzitet je, znači, važan partner/saradnik železnice.

Između železnice i univerziteta postoji stalna i raznovrsna saradnja. Međutim, bez obzira na to, ŽTP i Unverzitet treba da urede međusobne odnose sa ciljem povećanja efikasnosti naučno-istraživačkog rada, efikasnijeg funkcionisanja železničkog saobraćaja i unapređenja visokoškolskog obrazovanja u cilju formiranja adekvatnih stručnjaka za železnički saobraćaj.

Da bi odnosi ovih institucija bili sadržajniji i svrsishodniji ŽTP "Beograd" treba da sprovedi sledeće aktivnosti:

- da prati nastavni proces i da inicira njegovo poboljšanje;
- da ukazuje na izmene i dopune u nastavnim planovima i programima u skladu sa tekućim potrebama železnice odnosno da sugeriše formiranje studijskih grupa na fakultetima u skladu sa ciljevima i potrebama ŽTP-a;
- da angažuje stručnjake sa Univerziteta u rešavanju praktičnih problema ŽTP-a;
- da omogući inovaciju znanja mašinskih inženjera zaposlenih u ŽTP-u;
- da predlaže oblasti, odnosno teme za program naučno istraživačkog rada na Univerzitetu;
- da angažuje univerzitetske stručnjake u izradi razvojnih planova i programa ŽTP-a;
- da sarađuje sa Univerzitetom u izradi naučnih studija i projekata za potrebe ŽTP-a.

Na drugoj strani, aktivnosti Univerziteta treba da budu sledeće:

- da prati razvoj nauke i struke, inicira inovaciju nastavnog procesa i razvija naučnu misao u oblasti železničkog saobraćaja;
- da usmerava seminarske, diplomske, specijalističke i magistarske radove, kao i doktorske teze prema potrebama ŽTP-a;
- da u programe istraživanja uključi teme čiji su očekivani rezultati od interesa za ŽTP;

- da čestvuje na konkursima republičkih i internacionalnih fondova za naučno-istraživački rad sa temama od interesa za ŽTP;
- da organizuje naučne i stručne skupove od interesa za ŽTP;
- da učestvuje u izradi studija, projekata, ekspertiza i drugog u skladu sa zahtevima i potrebama ŽTP-a.

S obzirom na brzi razvoj tehnologije i uvođenje novih tehničkih sistema na železnici, neophodno je da se, pored ostalog, inženjeri ŽTP-a "Beograd" stalno dodatno obrazuju i tako upoznaju sa tehničkim ali i normativnim novinama. U tome Univerzitet može da preuzme ulogu institucije koja će vršiti periodičnu sertifikaciju inženjera zapošljenih na železnici.

5. ZAKLJUČAK

Univerzitet je institucija koja treba da predvidi buduće vreme i okolnosti i da na osnovu tih postavki definiše koncepciju obrazovanja sa ciljem da osposobljava stručnjake koji će u nastupajućem vremenu da bude kreativni subjekti. Ciljevi koji su se postavljali pred inženjerima pre pedeset godina bili su usmereni na masovnu produkciju funkcionalnih tehničkih sredstava. Danas se ti ciljevi pomeraju ka zahtevima ekološke ugroženosti.

Živimo u vremenu brzih promena i to nameće "učenje celog života". Uloga univerziteta je da obezbedi stručnjake koji su sposobni da komuniciraju i da su spremni da stalno nadograđuju svoje znanje.

S obzirom da i Univerzitetu i železnici predstoje značajne strukturne transformacije, međusobna saradnja bi obezbedila uspešniju i efikasniju realizaciju tih promena i usklađivanje tih procesa.

LITERATURA

[1] Prednacrt zakona o visokom obrazovanju, Ministarstvo prosvete i sporta Republike Srbije, Beograd, 2003.
[2] Bolonjska deklaracija, Bolonja, 1999.
[3] Evropski univerzitet 2010?, Alternativna akademska obrazovna mreža, Beograd, 2001.
[4] Vojo Anđus, Obrazovanje inženjera po Bolonjskom modelu, Beograd, 2003.
[5] www.ftn.ns.ac.zu/trend
[6] www.masfak.ni.ac.yu
[7] www.aaen.edu.yu
[8] www.culture.coe.fr/her
[9] www.cepes.ro
[10] www.europa.eu.int/comm/education
[11] www.ni.ac.yu
[12] www.unesco.org

PROSPECTS OF UNIVERSITY EDUCATION AND THE ROLE OF THE UNIVERSITY IN RAILWAY DEVELOPMENT

Prof. dr Miodrag Manić, docent dr Dušan Stamenković

Abstract: *Quick pace in developing new technologies changes the way we live, communicate, produce and learn. Globalization and quick technological development stipulates changes in previous model of the university. Signing the Bologna declaration the European countries have the unified European educational space of high education as the aim. The high education reform in Serbia includes the changes of legislation in that field. The new model of university should provide more efficient and more flexible studying, complied with the European quality standards. Concerning that the railway structure is also to be radically transformed, the cooperation between the University and railway would enable more efficient realization of those changes.*

Key words: Railway, university, education, international.

ŽELKON '04
RAILCON '04

PREVENTIVE MAINTENANCE OF RAILROAD BOGIES IN FREIGHT TRAIN APPLICATIONS

Jay Lee[1], Jun Ni[2], Guenther Seliger[3], Dragan Djurdjanovic[2], Daniel Odry[3], Hai Qiu[1] and Daniel Guido[1]

***Abstract**: As more electronics software and intelligence are embedded in industrial and office products, more predictive tools are needed to "informate" the product life cycle information for proactive service for sustainable performance and functionality. This is even more important for safety critical and expensive components, such as railroad bogies in freight train applications. This paper discusses issues of intelligence embedded into railroad bogies and its impacts. First, a brief overview will be given of the recent developments in the area of intelligent maintenance from the algorithmmical as well as the technological point of view. Then, potential use of those developments in facilitating advanced, autonomous and proactive maintenance of railroad bogies will be discussed. Finally, the research plan for developed by the authors of this paper and funded for the next 3 years by the National Science Foundation (NSF) from the US side and the Deutche Forschungsgemeinschaft (DFG) from the German side will be described.*

Keywords** Proactive maintenance, prognostic condition based information, freight train bogies, watchdog agent, life cycle unit (LCU)

1. INTRODUCTION

In today's competitive, customer-oriented market, companies must provide products and services of the highest possible quality in order to attain and retain a favorable market position. The market conditions are so unforgiving that, for example, one minute of downtime in an automotive manufacturing plant could cost as much as $20,000 [1]. Thus, near-zero downtime function without production or service breakdowns as well as the highest possible products and service quality are fast becoming a necessity for today's enterprises.

In the field of maintenance, most product maintenance today is either purely reactive (fixing or replacing equipment after it fails) or blindly proactive (assuming a certain level of performance degradation, with no input from the machinery itself, and servicing equipment on a routine schedule whether service is actually needed or not). Both scenarios are extremely wasteful and result in costly production or service downtimes. To human beings, it often seems that machines fail suddenly, but in fact machines usually go through a measurable process of degradation before they fail. Today, that degradation is largely invisible to human users, even though a great deal of technology has been developed that could make such information visible. It may come as a surprise to many people that most state-of-the-art manufacturing, mining, farming, and service machines (e.g., elevators) are actually quite "smart" in themselves. Many sophisticated sensors and computerized components capable of delivering data about the machine's status and performance are available. The problem is that little or no practical use is made of most of this data. We have the devices, but we do not have a continuous and seamless flow of information throughout entire processes. Sometimes this is because the available data are not rendered in useable form. More often, no infrastructure exists for delivering the data over a network, or for managing and analyzing the data even if the devices were networked. When smart machines are networked and remotely monitored, and when their data is modeled and continually analyzed with sophisticated embedded systems, it is possible to go beyond mere "predictive maintenance" to intelligent "prognostics"—the process of pinpointing exactly which components of a machine are likely to fail, and when and autonomously trigger service and order spare parts.

For these reasons, we propose a paradigm shift from the traditional approaches of detecting and quantifying failure toward an approach centered around assessment and prediction the performance degradation of a process, machine, or service [2]. Performance degradation is a harbinger of system failure, so it can be used to predict unacceptable system performance (in a process, machine or service) before it occurs. The traditional Fail and Fix (FAF) practice can thus be replaced by the new Predict and Prevent (PAP) paradigm [2].

2. STATE OF THE ART IN CONDITION BASED MAINTENANCE

For the past decades, there have been numerous research activities and technical development in the area of Condition Based Maintenance (CBM). With a well-implemented CBM system, a company can save up to 20% in smaller production losses, improved quality, decreased stock of spare parts etc [4]. Currently, the prevalent CBM approach involves estimating a machine's current condition based upon the *recognition of indications of failure* [5]. According to [5] a different approach to CBM is being developed today. It is based on characterization of the machine or process performance through the overlap of the most recent system signatures and those observed during the healthy process or machine behavior. Recently, several

[1]University of Wisconsin, Milwaukee
[2]University of Michigan
[2]Technical University of Berlin

predictive CBM techniques within this failure-centered paradigm have been proposed [6]-[8]. These approaches notwithstanding, to implement the aforementioned predictive CBM techniques require expert and *a priori* knowledge about the assessed machine or process because the corresponding failure modes must be known in order to assess the current machine or process performance. For this reason, the aforementioned CBM methods are application specific and non-robust [9].

In the field of manufacturing, CBM concept is more focused on machine and process monitoring. Many advances have been made in the areas of tool monitoring and fault detection. For example, grinding processes have seen significant recent developments in the concept of intelligent machine tools equipped with abilities for in-process monitoring and health assessment. Shino et al. [10] introduced a methodology for sensor-less monitoring of cutting forces for in-process monitoring of machining status in ultra-precision machining systems. An innovative concept of disturbance observers, similar to the well-known state observers from control theory [11][12], was used to estimate cutting forces based on motor currents and thus facilitate cutting force monitoring without direct force measurements and without any additional sensors on the machine tool. Such force monitoring would facilitate better control of the cutting process, improved quality of cutting and timely replacement of worn grinding wheels. In [12], the authors used RMS levels of Acoustic Emission (AE) sensors and binary contact detection to reliably monitor the topographic changes in the grinding wheel during its wear out, while in [13] and [14], the authors suggested a fusion of acoustic emission and power signatures to achieve monitoring of the grinding process. Varghese et al. Have gone even further in [15] and integrated sensing capabilities into the grinding wheel itself, allowing grinding process monitoring using miniature piezoelectric force sensors and acoustic emission sensors embedded into the grinding wheel. A thorough overview of monitoring techniques in grinding can be found in [16]. In [17], a framework of self-diagnostics of a class of machine tool drives is proposed. The features inference of the drive diagnostic is determined by Fuzzy logic and neural network. The plan of feature measurement is determined by an expert system where knowledge of classes of drives are known. The neural network in the diagnostic part is trained by external neural network and the expert system.

The methods and developments facilitating processing of complex signals, machine health assessment, fault detection and classification, prediction of remaining useful life and optimization of maintenance and production operations based on machine condition information have been thoroughly reviewed in the CIRP key-note paper [22]. A comprehensive list of publications describing applications of Artificial Intelligence methods in manufacturing engineering containing more than 640 references can be found in the same volume of Annals of CIRP in [23].

3. ALGORITHMIC DEVELOPENTS ENABLING INTELLIGENT MAINTENANCE

Most recently, the toolbox of algorithms for multi-sensor performance assessment and prediction, was developed in the NSF Industry/University Cooperative Research Center for Intelligent Maintenance Systems (IMS) at both the University of Wisconsin-Milwaukee and the University of Michigan. These tools enable one to quantitatively assess and predict performance degradation levels of key product components [24]-[36], thus offering a possibility to physically realize a closed-loop product life cycle monitoring and management [37]-[40].

The Watchdog Agent™ bases its degradation assessment on the readings from multiple sensors that measure critical properties of the process, or machinery that is being considered. It is expected that the degradation process will alter the sensor readings that are being fed into the Watchdog Agent™, and thus enable it to assess and quantify the degradation through quantitatively describing the corresponding change of sensor signatures. In addition, a model of the process or piece of equipment that is being considered, available application specific knowledge, or prior historical records of equipment behavior can be used to aid the degradation process description, provided that such a model, expert knowledge or historical records exist. The prognostic function of the watchdog is realized through trending and modeling of the dynamics of the observed process performance signatures and/or model parameters. This allows one to predict the future behavior of these patterns and thus forecast the behavior of the process, or piece of machinery that is being considered. Furthermore, the Watchdog Agent™ also has the diagnostic capabilities through memorizing the significant signature patterns in order to recognize situations that have been observed in the past, or be aware of the situation that was never observed before. Thus, the Watchdog Agent™ has elements of intelligent behavior that enable it to answer the questions:

- *When* the observed process, or equipment is going to fail, or degrade to the point when its performance becomes unacceptable.
- *Why* the performance of the observed process, or equipment is degrading, or in other words, what is the cause of the observed process or machinery degradation.

The answer to the first question enables the prognostic Watchdog function and the answer to the second question enables its diagnostic function. Thus, in essence, the functionality of the Watchdog Agent can be summarized in the following three tasks:

- Quantitative multi-sensor assessment of performance degradation.
- Forecasting of performance degradation.
- Diagnosis of the reasons of the current or predicted performance degradation.

The prognostic and diagnostic outputs of Watchdogs mounted on all the processes and machinery of interest can then be fed into a Decision Support Tool (DST) that addresses the question:

- *What* is the most critical object, or process in the system with respect to maintenance, or repair;

The answer to this question is obtained through taking into account the risks of taking, or not taking the maintenance action at a given time, and then optimizing the costs associated with the maintenance operation if the decision to perform maintenance is made, or the cost of downtime and repair if the maintenance is omitted and the process or machine fails. Thus, the output of the DST

module is an optimal maintenance policy for a number of objects in the system. Those objects are traditionally processes and/or equipment, and the system could be a manufacturing line, or a plant. However, there is no reason why an object could not be a hardware, or software component of a vehicle, and the associated system can be the vehicle itself, or the population of similar vehicles in the field.

Therefore, the operation of an IMS can be summarized in answering the previously described "when", "why" and "what" questions in order to postulate an optimal maintenance/repair set of decisions that facilitate an optimal set of maintenance/repair actions that enable near zero downtime of the production/service system and maximizes the cost benefits of the predictive machine-level information. Such a system of Watchdogs integrated by a DST thus enables maintenance that is in the same time condition based, as well as predictive and proactive [41].

Furthermore, as indicated in Figure 2, information about current and predicted performance degradation of components in a product is indispensable in assessing remaining life of those components and possibility of their cost-effective and safe disassembly and reuse in other products. Namely, demands regarding product production, use and disposal continue to increase because of population growth and amplified product expectations, and fulfilling those increasing demands while preserving the natural environment and resources can be realized only through a significant reduction of energy and resource consumption, accompanied by a dramatic increase in efficiency of energy and resource usage. Quantitative description and prediction of performance degradation can be utilized to identify those products or components with low-levels of degradation and substantial useful remaining life so that they could be efficiently and cost-effectively disassembled and reused in another system.

Finally, as mentioned in the introduction section, systematic creation and collection of performance related information for products throughout their life-cycle (design, manufacturing and use of the product) in order to close the loop and strategically improve designs of the product, manufacturing process as well as the usage patterns through an integrated life-cycle management of a product [40].

Schematic representation of the structure of IMS operations and the use of predictive performance-related information is illustrated in Figure 1.

The three main functionalities of the Watchdog Agent are accomplished through several functional modules, as schematically illustrated in Figure 2. *Assessment of performance degradation* is accomplished through a module performing processing of multiple sensory inputs and extraction of features relevant to description of product's performance, followed by a module executing the multisensor performance assessment based on the extracted signal features, with the multisensor assessment component being realized through the feature-level, or decision level sensor fusion, as defined by the Joint Directors of Laboratories (JDL) standard of multisensor data fusion ([42], Chapter 2; [43]). *Performance prediction* function is realized through extraction of performance related features and application of tools capable of capturing dynamic behavior of the extracted performance related features and extrapolating it over time in order to predict their future behavior and future behavior of the underlying process. Finally, performance diagnosis function of the Watchdog is realized through matching of the currently extracted, or predicted performance-related features with signatures describing different modes (healthy or faulty) of process behavior. Thus, condition diagnosis is a step relevant to both the health assessment functionality (pertaining to the present performance of the monitored process of piece of equipment) and the performance forecasting functionality (pertaining to the predicted performance of the monitored process of piece of equipment).

The multi-sensor performance assessment, diagnosis and prediction functionalities of the Watchdog Agent could be even further enhanced if Watchdog Agents mounted on identical products operating under similar conditions could exchange information and thus assist each other in building the world model. Furthermore, this communication can be used to benchmark the performance of "brother-products" and thus rapidly and efficiently identify underperforming units before they cause any serious damage and losses. This paradigm of communication and benchmarking between identical products operating in similar conditions is referred to as the "peer-to-peer" (P2P) paradigm.

Furthermore, as mentioned earlier, engineering mode of the monitored process, application specific expert knowledge about the process as well as historical records of process behavior over time can be utilized to improve all functional modules of the Watchdog Agent (sensory signal processing and feature extraction, health assessment, condition diagnosis and performance prediction).

In order to facilitate the use of Watchdog Agents in a wide variety of applications, with various requirements and limitations regarding the character of signals, available processing power, memory and storage capabilities, limited space, power consumption, personal user's preference etc, the Watchdog Agent has been realized in the form of a modular, open architecture toolbox, with different tools realizing its functional modules (sensory signal processing and feature extraction, health assessment, condition diagnosis and performance prediction functions).

Summary of the tools currently used in this toolbox of algorithms is enclosed in Figure 3. The open architecture of the toolbox allows one to easily add new solutions to the Watchdog Agent toolbox, as well as to easily interchange different tools, depending on the application needs. A thorough overview of the tools summarized in Figure 3 can be found in [44] and references therein.

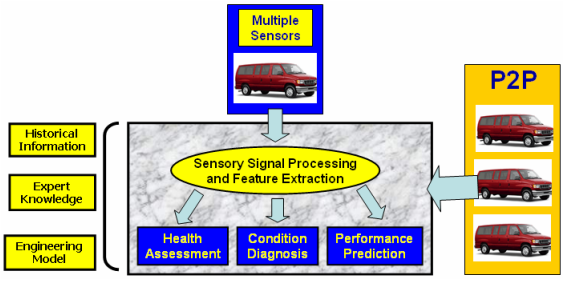


Figure 2: Functionality of the Watchdog Agent™.

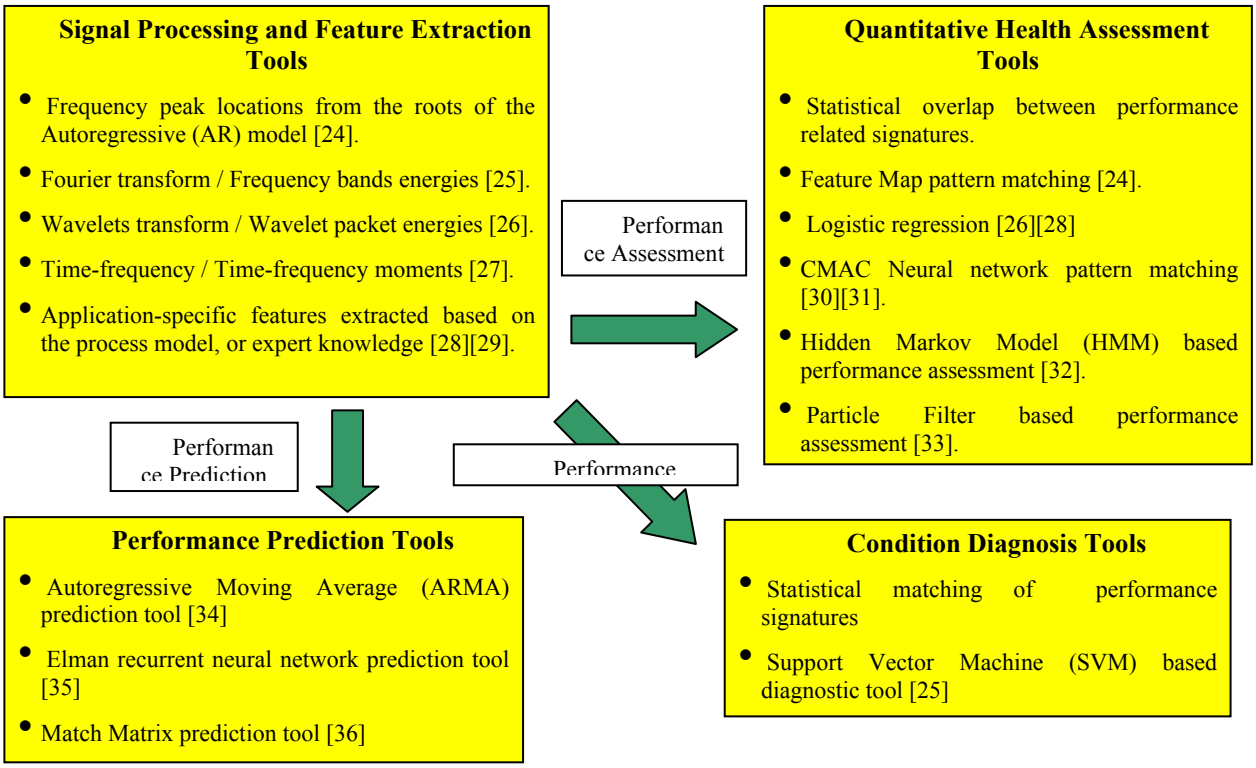


Figure 3: Toolbox of solutions for the functional modules of the Watchdog Agent™

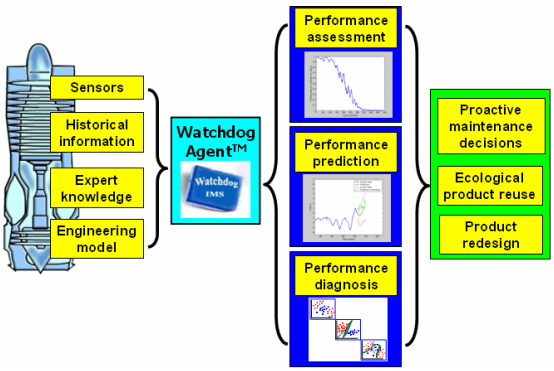


Figure 1: Schematic representation of an Intelligent Maintenance System.

4. TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS ENABLING INTELLIGNENT MAINTENANCE

The concept of embedded and intelligent sensors is becoming an increasingly feasible technology. Even as far as 1944, the Association of American Railroads has organized a committee for creation of a hot box alarm device that will notify the train crew of overheated bearings and thus prevent journal damage and train derailment due to bearings faults. At least 4 devices based on plain rail bearings were tested in Pennsylvanian railroads [45]. In 1950-s, an infra-red radiation based device has been developed for detection of overheated bearings [46]. Significant work has also been reported in utilization of acoustic methods for preventive maintenance of railroad bearings [47]. However, it is doubtful that problems such as grease degradation, water ingress, cage wear, loose components can be detected using this technique. More recently, Timken company reported a successful development of sensorized bearings for railroad applications [48]. These bearings have been made for monitoring of bearings vibrations with an embedded frequency domain transformation. Degradation in bearings performance is mirrored in changes of the frequency spectrum of bearings vibrations, which can be used for early warning and preventive maintenance of railroad bearings.

Monitoring and diagnosability are major issues regarding extended utilization of products and components. Due to the huge variety of existing products, these are difficult tasks that have to be solved individually for each product. A novel embedded concept for product accompanying information systems – the so called Life Cycle Unit (LCU) - has been developed by the Technical University of Berlin (TUB), Germany. LCUs are integrated into products and are capable of acquiring, processing, and communicating relevant product and process data for evaluation purposes during the entire product life span (Figure 4). The derived information facilitates, i.a., the manufacturing process, the dis- and reassembly of products between multiple usage phases, the life cycle cost analysis and the life cycle assessment. It also enables efficient maintenance strategies such as the PAP paradigm.

In the LCU approach the assessment focus is put on standard components of machinery like bearings, gears, compressors, pumps, dampers, filters, hose lines or pneumatic components. These standard components are integrated into various more complex products, e.g., assembly systems, ground conveyors or industrial robots (Figure 4). This way the assessment of a complex product is achieved by assessing its standard components. By focusing on the assessment of standard components the development

effort for assessment of complex products is distributed technically and economically on many applications. Also less overall expertise is needed in order to develop and debug a monitoring and diagnostic system of a complex product or component, because each subsysten can be examined independently. The solution space is significantly reduced for each LCU designer.

The LCU system is based on a modular architecture and can be built as any reasonable combination of the five modules marking, sensor, Life Cycle Board (LCB), actuator, and communication (Figure 4). Small amounts of information can be provided by using simple markings. Colored symbols, one dimensional barcodes, or two dimensional matrices are passive information devices that do not require own energy for operation. Also, RFID transponder technology can be used to facilitate the identification of products and their components.

Sensors are integrated into components to acquire physical parameters, e.g. acceleration, force, temperature, or pressure. The gathered sensorial information is processed by the LCB, which is composed of a processor, memory and interfaces. By processing the sensorial information, the LCB is able to determine the status of a product.

Actuators may be integrated into the product to act against devaluation or to support processes like maintenance or disassembly. For example, joining elements with integrated actuators can be opened under control of the LCB to support automated disassembly processes. The communication module allows the LCU to communicate with its environment. Various communication technologies like CAN, Ethernet, RS485, Bluetooth, IrDA, or WLAN can be used to transmit information.

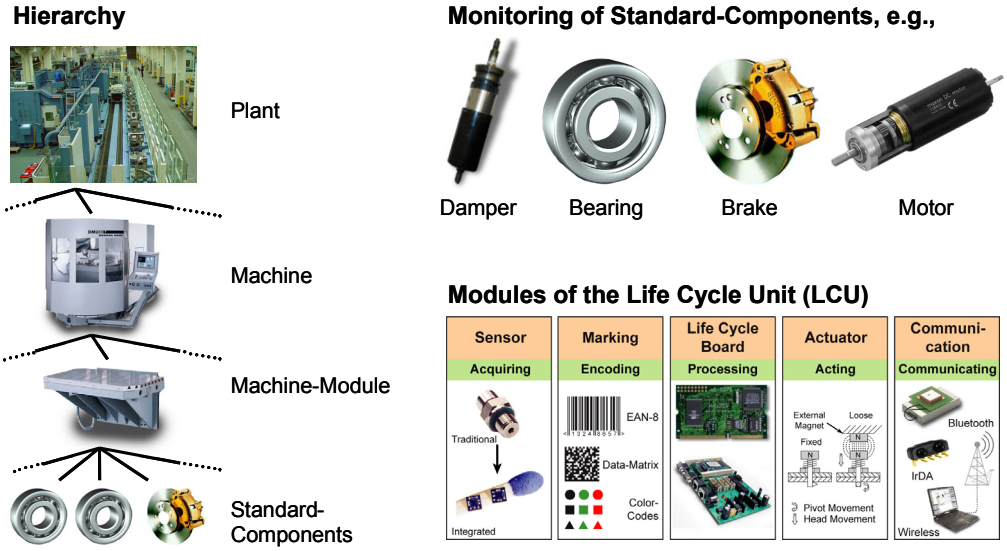


Figure 4: Monitoring of Standard Components with LCU.

LCBs were developed using embedded microcontrollers from Motorola, StrongArm, Atmel, and Texas Instruments. The Motorola and StrongArm LCBs were used for relatively powerful designs that run with an Embedded Linux derivate which enables communication using standard protocols like TCP/IP, CAN, or IrDA. The Atmel and Texas Instruments based LCBs are less powerful but require less energy during operation which facilitates the deployment in mobile applications.

The TUB has developed a bogie testbed to examine the behaviour of freight train cylinder roller bearings (Figure 5). The goal is to implement the diagnostic functionality needed to predict the degradation and failure of the bearings into the LCU. The testbed is assembled of a bearing housing from the Y25 bogie and one half of an axle powered by an electric motor. The axle can be stressed by an air pressure cylinder in axial direction with up to 6 tons. Track speeds of up to 140 kilometers per hour can be simulated. The train velocity, axle load, bearing vibrations and bearing temperature are measured. This way indicators for common failures of bearings as the hot box or fracture of the bearing cage can be detected and examined.

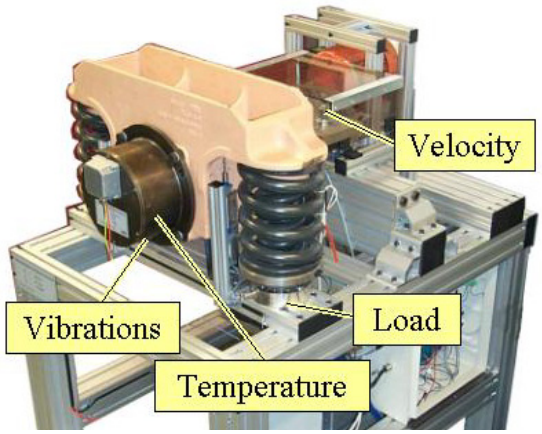


Figure 5: Bogie Testbed for LCU/EWA

5. PROPOSED RESEARCH PLAN

The existing Watchdog Agents™ have been devised to operate in PCs. Embedding is crucial for creating an enabling technology that can facilitate proactive maintenance and life cycle assessment for mobile systems, transportation devices and other products for which cost-effective realization of predictive performance assessment

capabilities is not implementable on general purpose personal computers (PCs). Embedding a Watchdog Agent™ cannot be accomplished using only state-of-the-art technology.

First, the existing signal processing, feature extraction and performance prediction algorithms were devised to cope with the complicated phenomena of, for example, machine tool, welding process, or gearbox multisensor performance assessment. These techniques are computationally demanding and require both high processing power and large Random Access Memory (RAM) consumption and storage capabilities. In order to achieve a mobile, embedded solution, existing performance assessment and prediction algorithms must be reworked to use much less processing and memory without jeopardizing their functionality and generality.

Second, embedded systems frequently have an additional requirement of nominal power consumption, especially in cases of mobile systems and products like vehicles or mobile phones. The existing Watchdog algorithms have been developed to operate on PCs where power is essentially unlimited. Therefore, hardware that balances processing and memory needs with the low power consumption requirement must be developed.

The Center for IMS (University of Michigan and University of Wisconsin-Milwaukee) and the Institute for Machine Tools and Factory Management (Technical University Berlin) will jointly develop the Embedded Watchdog Agent/Life Cycle Unit (EWA/LCU) for realizing advanced multisensor assessment and prediction of performance of railroad bogies under constraints of limited processing power, memory availability, storage capabilities and power consumption.

Research and development of EWA/LCU for railroad applications is an arduous and challenging task. The following main requirements have been identified:

1. Autonomous performance assessment
2. System performance prediction
3. Software modularity and flexibility
4. Cost-effectiveness
5. Reliability and robust nature
6. Independent power supply
7. Compact form factor

The proposed research will be a multidisciplinary project, incorporating electrical and mechanical engineering, mechatronics and software engineering with applications in mechanical, hydraulic, electro-mechanical engineering and other disciplines. The proposed project will be accomplished by completing four tasks:

1. Research and Development of EWA/LCU Algorithms
2. EWA/LCU Hardware Research and Development
3. EWA/LCU Software Research and Development
4. Testbed Evaluation and Validation

The main challenge within Task 1 is to scale down the computationally expensive, general purpose PC-based Watchdog algorithms (generated in the IMS Center) in such a way that these scaled down algorithms can be implemented within the limitations of an embedded system.

Figure 6 shows the proposed solution, which shares the modular structure of the PC-based Watchdogs. Raw sensor signals will be transformed through appropriate sensory processing methods, and relevant performance-related features will be extracted from the transformed signal. Based on the previous performance data log and the current performance assessment, prediction will be accomplished in the appropriate modules. Each of these modules will be developed keeping in mind the requirements outlined above.

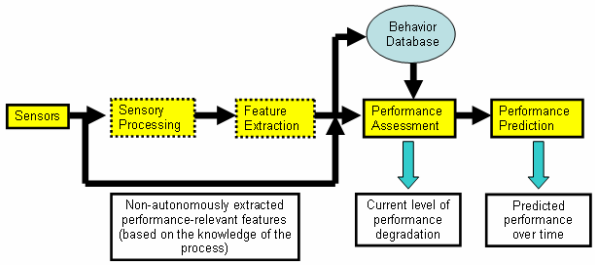


Figure 6: Modular algorithmic structure of the EWA/LCU.

When Task 1 is completed, a set of methods and algorithms for the sensory processing, feature extraction, past performance data log, performance assessment and performance prediction modules will be developed and coded. Depending on the application, different modules will be loaded onto the appropriate hardware platform developed within Task 2 using the software package developed in Task 3 (see descriptions of Tasks 2 and 3 below).

Task 2 will focus on developing hardware to house the technology. The task will be accomplished at the Technical University Berlin by completing the following three subtasks:

2.1 Analysis of Computational Requirements for EWA/LCU Algorithms
2.2 Composition of Hardware Platforms for EWA/LCU Algorithms
2.3 Integration of Interfaces for Sensors and User-Friendly Communication
2.4 Development of Strategies for Low Energy Consumption

Within Task 3, a software package will be created to enable easy manipulation and integration of various modules developed within Task 1 for applications of different complexity and criticality levels. Completion of this task will require both skills in algorithm development and coding, as well as in software and hardware embedding. Hence, this task will be accomplished through an intense collaboration between the IMS Center and TU Berlin. This task will be completed through the following four subtasks:

3.1. Evaluation and Integration of Operating Systems into EWA/LCU
3.2. Research and Development of Software Architecture for Sensor and Communication Interfaces
3.3. Research and Development of Software Architecture for Flexible Integration of EWA/LCU Modules
3.4. Research and Development of Innovative Strategies for Low Power Consumption
3.5. Integration of EWA/LCU Software Modules

The hardware and software developed in Tasks 1-3 will be validated and demonstrated through a testbed evaluation within Task 4. In order to test and evaluate the EWA/LCU for different levels of complexity, testbed evaluation will be

conducted in the performance assessment and prediction of a shock absorber, bearings system and breaking system of freight train wagon.

We chose freight railroad cars for the testbed validation of the proposed research. Our intention is to expand the proposed research to create a "smart freight car" that is self-aware and able to detect and predict its own degradation. The world's freight railroading industry recognizes the need for increasing safety measures as axle loads become heavier and trains become longer. Bigger, heavier trains create more risk, and particular attention is being paid to mitigating and eliminating the causes of derailments and collisions [49][50]. In the U.S., for example, the Federal Railroad Administration (FRA) has established an ultimate goal of "zero tolerance" for such incidents. According to the FRA, a train derails in the U.S. every 6 hours on average (though not all derailments are catastrophic).

One recent publication explains the root cause of rolling stock related (as opposed to railroad track related) derailments: often operating crew cannot detect the failure of the first bogie or brake unit because a train is relatively large and heavy. Ultimately, the failed components will cause additional problems and the end result is a derailment. A "smart freight vehicle" with bogies equipped with cost-effective EWA/LCUs will detect derailment in its initial stages before catastrophic damage occurs. These smart vehicles will be able to communicate both wagon-to-wagon, as indicated in Figure 7, as well as with some central database to exchange information and effectively implement the P2P paradigm. The exchange of information among units could be accomplished through the Bluetooth protocol for short-range communication, and either wireless or hard-wired protocols for long range communication. This communication will enable the devices to automatically recognize and predict specific bogie failures as soon as at least one of the instrumented bogies experiences that specific failure. Furthermore, the P2P communication and benchmarking between bogies will enable optimal maintenance decisions based on the degradation levels of interconnected bogies, the economic and safety impact of the degradations developing in those bogies, and the availability of maintenance resources. Finally, implementation will mean that time-consuming and subjective human inspection of the rolling stock and breaking systems currently performed in marshaling yards can be significantly reduced and performed on-line as the train moves on the tracks, thus allowing immediate and accurate detection of any failure before it causes significant damage or loss of life [49]. Such an infotronics agent will be indispensable to the pursuit of new, lighter, quieter and safer freight bogies [50].

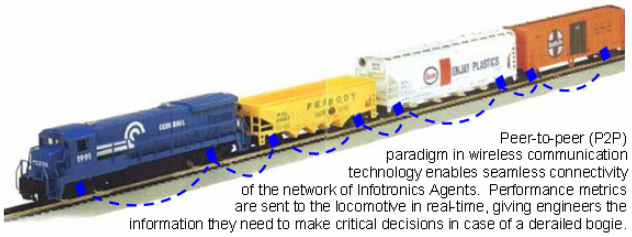


Figure 7: Peer-to-Peer (P2P) communications paradigm in a railroad application.

6. CONCLUSIONS

In this paper we describe the newly proposed research project for predictive and proactive maintenance of railroad bogies. The new maintenance paradigm will be based on assessment and prediction of different levels of degradation of critical components of freight rail bogies. Those components have been identified as the shock absorbers, bearings and breaking systems of railroad bogies. The degradation assessment and prediction will be executed through embedded Life Cycle Units (LCUs) developed in the Technical University of Berlin, which will house advanced predictive Watchdog Agent algorithms developed at the Center for IMS in the University of Wisconsin – Milwaukee and University of Michigan. The proposed collaborative research project will be conducted within 3 years and besides the research tasks includes educational and outreach activities geared towards the development of the next generation global engineers.

ACKNOWLEDGMENTS

This research is supported by the National Science Foundation (NSF) award number EEC 0331629 as well as by the Deutsche Forschungs Gemeinschaft (DFG).

References

[1] Spiewak, S. A., Duggirala and Barnett, R. K., 2000, "Predictive Monitoring and Control of the Cold Extrusion Process," Annals of the CIRP, Vol. 49/1, pp. 383-386

[2] NSF Industry/University Cooperative Research Center (I/UCRC) for Intelligent Maintenance Systems, www.imscenter.net, 2002.

[3] Radjou, N., 2002 "The Collaborative Product Life_Cycle", Forrester Research, May 2002.

[4] Bengtsson, M., 2002, Condition Based Maintenance on Rail Vehicles", IDPMTR 02:06.

[5] Engel, S. J., Gilmartin, B. J., Bongort, K. and Hess, A., 2000, "Prognostics, the real issues involved with predicting life remaining," Proc. of the IEEE Aerospace Conference Proceedings, 2000, Vol. 6, pp. 457-469.

[6] Swanson, D. C., 2001, "A General Prognostics tracking algorithm for predictive maintenance," Proc. of the IEEE Aerospace Conference, Vol.6, pp. 2971 -2977.

[7] Ray, A. and Tangirala, S., 1996, "Stochastic Modeling of Fatigue Crack Dynamic for On-Line Failure Prognostics," IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol 4, no. 4, pp. 443-449.

[8] Vachtsevanos, G. and Wang, P., 2001, "Fault prognosis using dynamic wavelet neural networks," Proceedings of the IEEE International Symposium on Intelligent Control 2001 (ISIC '01), pp. 79 -84.

[9] Casoetto, N., Djurdjanovic, D., Mayor, R., Lee, J. and Ni, J., 2003, "Multisensor Process Performance Assessment Through the Use of Autoregressive Modeling and Feature Maps," Trans. of SME/NAMRI, Vol. 31, pp. 483-490; Also to appear in the SME Journal of Manufacturing Systems.

[10] H. Shino, H. Hashizume and H. Yoshioka, "Sensor-Less Monitoring of Cutting Force During Ultra-Precision Machining", Annals of CIRP, 2003, Vol. 52/1, pp. 303-306.

[11] G. F. Franklin, J. D. Powell, A. Emami-Naeini, "Feedback Control of Dynamic Systems", Prentice Hall, 4th Edition, 2002.

[12] J. F. Gomes de Oliverira and D. A. Dornfeld, "Application of AE Contact Sensing in reliable Grinding Monitoring', Annals of CIRP, Vol. 50/1, 2001, pp. 217-220.

[13] M. Geiger and B. Falk, "Prediction of Service Life and Failure Probability of Cold Forging Tools", Annals of CIRP, Vol. 50/1, 2001, pp. 173-176.

[14] J. F. Gomes de Oliverira and D. A. Dornfeld, "Application of AE Contact Sensing in reliable Grinding Monitoring', Annals of CIRP, Vol. 50/1, 2001, pp. 217-220.

[15] B. Varghese, S. Pathare, R. Gao, C. Guo and S. Malkin, "Development of a Sensor-Integrated 'Intelligent' Grinding Wheel for In-Process Monitoring", Annals of CIRP, Vol. 49/1, 2000, pp.231-234.
[16] H. K. Tőnshoff, T. Freimuth and J. C. Becker, "Process Monitoring in Grinding", Annals of CIRP, Invited Paper, Vol. 51/2, 2002, pp. 551-571.
[17] W. Hundt, F. Kuster, F. Rehsteiner, Model-based AE Monitoring of the Grinding Process, Annals of CIRP , Vol. 46/1, pp 243-247
[18] A. Yamada and S. Takata, "Reliability Improvement of Industrial Robots by Optimizing Operation Plans Based on Deterioration Evaluation", Annals of the CIRP, Vol. 51/1, 2002, pp. 319-322.
[19] G. Seliger, B. Basdere, T. Keil and U. Rebafka, "Innovative Processes and Tools for Disassembly", Annals of CIRP, Vol. 51/1, 2002, pp. 37-41.
[20] Y. Hatamura, K. Iino, K. Tsuchiya and T. Hamaguchi, "Structure of Failure KNowedge Database and Case Expression", Annals of CIRP, 2003, Vol. 52/1, pp. 97-100.
[21] Y. Hatamura, "Learning from Failure", SYDROSE LP, San Jose, CA, 2002.
[22] J. F. Gomes de Oliverira and D. A. Dornfeld, "Application of AE Contact Sensing in reliable Grinding Monitoring', Annals of CIRP, Vol. 50/1, 2001, pp. 217-220.
[23] G. Dini, "Literature Database on Applications of Artificial Intelligence Methods in Manufacturing Engineering", Annals of the CIRP, Vol. 46/2, 1997, pp. 681-690.
[24] Casoetto, N., Djurdjanovic, D., Mayor, R., Lee, J. and Ni, J., 2003, "Multisensor Process Performance Assessment Through the Use of Autoregressive Modeling and Feature Maps," Trans. of SME/NAMRI, Vol. 31, pp. 483-490; Also to appear in the SME Journal of Manufacturing Systems.
[25] Yuan, S., Ge. M., Qiu, H., Lee, J. and Xu, Y., 2004, "Intelligent Diagnosis in Electromechanical Operations Systems", in Proc. of 2004 IEEE International Conference on Robotics and Automation, New Orleans, LA., pp. 2267-2272.
[26] Yan, J. and Lee, J., "Degradation Assessment and Fault Modes Classification Using Logistic Regression", submitted to the ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering. Paper number: MANU-03-1195, revised for second review.
[27] Djurdjanovic, D, Ni, J. and Lee, J., 2002, "Time-Frequency Based Sensor Fusion in the Assessment and Monitoring of Machine Performance Degradation", in the Proc. of 2002 ASME Int. Mechanical Eng. Congress and Exposition, paper number IMECE2002-32032.
[28] Yan, J., Koc, M. and Lee, J., 2002, "Predictive Algorithm for Machine Degradation Detection Basd on Logistic Regression," Proc. of 5th International Conf. on Managing Innovations in Manufacturing.
[29] Tong, G., Koc, M. and Lee, J., 2002, "System Performance Assessment Based on Control System Criteria Under Operating Conditions," Proc. of 5th International Conf. on Managing Innovations in Manufacturing.
[30] Lee, J, 1995, "Machine Performance Monitoring and Proactive Maintenance in Computer-Integrated Manufacturing: Review and Perspective", International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Vol. 8, No. 5, pp. 370-380.
[31] Lee, J., 1996, "Measurement of Machine Performance Degradation using a Neural Network Model", Computers in Industry, Vol. 30, pp. 193-209.
[32] Liu, J., 2003, "Signature Analysis and Tool Condition Assessment in Drilling", Masters Thesis, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, China.
[33] Tong, G., Lee, J., Hai Qiu, 2003, Performance Assessment and Prognostics of a Hybrid System using a Particle Filter approach, submitted to IEEE Transaction on Automation Science and Engineering
[34] Djurdjanovic, D., Yan, J., Qiu, H., Lee, J. and Ni, J., 2003, "Web-enabled Remote Spindle Monitoring and Prognostics", in Proc. of the 2nd CIRP Conference on Reconfigurable Manufacturing Systems, Ann Arbo, MI, paper no. D20.
[35] Yu, G, Qiu, H., Djurdjanovic, D. and Lee, J., 2004, "Performance Prediction Using Recurrent Neural Network Modeling with Confidence Bounds", to appear in Proc. of 2004 Intelligent Maintenance Systems (IMS) International Conference, Arles, France, paper no. 045.
[36] Liu, J., Djurdjanovic, D., Ni, J. and Lee, J., 2004, "Performance Similarity Based Method for Enhanced Prediction of Manufacturing Process Performance", submitted to the 2004 ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Anaheim, CA, November 13-19, 2004, paper no. IMECE2004-62246.
[37] Lee, J. an Ni, J, "Infotronics Agent for Tether-Free Prognostics," Proceeding of AAAI Spring Symposium on Information Refinement and Revision for Decision Making: Modeling for Diagnostics, Prognostics, and Prediction, Stanford Univ., Palo Alto, CA, March 25-27, 2002.
[38] Lee, J., "Smart Products and Service Systems for e-Business Transformation," Special Issues on "Managing Innovative Manufacturing," International Journal of Technology Management, pp. 45-52, Vol. 26, No. 1, 2003.
[39] Lee, J and Ni, J., "Infotronics Technology for Intelligent Maintenance Systems," Keynote paper, Proceeding of International Conference on Competitive Manufacturing (COMA'04), Stellenchbosch, S.A, Feb. 2004.
[40] Kiritsis, Dimitris & Xirouchakis Paul, PROMISE-An international project approach on: Product Lifecycle Management and Information Tracking using Smart Embedded Systems, Swiss Federal Institute of Technology at Lausanne (EPFL), Switzerland.
[41] Yang, M, Djurdjanovic, D., Mayor, R., Ni, J. and Lee, J., 2004, "Maintenance Scheduling in Production Systems Based on Predicted Machine Degradation", submitted to IEEE Transactions on Automation Systems Engineering, Paper No. V2004-067.
[42] Hall, L. D. and Llinas, J. (Eds.), 2000, "Handbook of Sensor Fusion", CRC Press.
[43] Steinberg, A. N., Bowman, C. L. and White, F. E. Jr., 1998, "Revisions to the JDL Data Fusion Model," Proc. of the 3rd NATO/IRIS Conf., Quebec City, Canada.
[44] Djurdjanovic, D., Lee, J. and Ni, J., "Watchdog Agent – An Infotronics Based Prognostics Approach for Product Performance Assessment and Prediction", accepted for publication in the International Journal of Advanced Engineering Informatics, Special Issue on Intelligent Maintenance Systems, Paper number ADVEI 39, 2004.
[45] Association of American Railroads, Mechanical Division, "Report of the Committee on the Development of Hot Box Alarm Devices," Circular Number D.V. 1126, Chicago, IL, 1947.
[46] Galaher, C. A., "Design and Development of the Servo Model 8808 Hot Box Detector System Featuring Rail-Mounted Scanners," Presentation at the Eastern Section Meeting of the Signal and Communications Section, Association of American Railroads, May 21, 1970.
[47] Leedharn R. C. and Weins, W. N. "Mechanistic Aspects of Bearings Burn Off", ASME/IEEE Joint Railroad Conference, Atlanta, GA, April 1, 1992.
[48] French, M. L. and Williams, S. R., "Development of a Self-Contained Sensor Bearing for Rail Applications", Proceedings of 2002 ASME IMECE, New Orleans, LA, 2002, Paper Number IMECE2002-33243.
[49] M. Hecht, "European Freight Vehicle Running Gear: Today's Position and Future Demands," Proc. of Institution of Mechanical Engineers, Vol. 215, Part F, pp. 1-11.
[50] M. Hecht, "In Search of a Quieter, Lighter Freight Bogie", Railway Gazette International, September 2002, pp. 563-568.

МОДЕРНИЗАЦИЈА ДИЗЕЛ-МОТОРНОГ ВОЗА СЕРИЈЕ 812/818

Војкан Лучанин[1], Горан Симић[2], Драган Милковић[3]

Резиме *– Имајући у виду општу ситуацију наших железница, одлучено је да се изврши реконструкција и модернизација дизел-моторног воза серије 812/818, са циљем да се његов век продужи за најмање десет година. У раду је приказана реконструкција рама трчећег постоља и модернизација примарног огибљења. На основу анализе недостатака постојећих решења и алтернативних могућности, изабрана су и приказана нова конструктивна решења као и резултати рачунских анализа. Рам је знатно ојачан, и у погледу чврстоће максимално прилагођен UIC прописима. Измене у примарном огибљењу првенствено имају циљ да смање динамичке силе на раму, јер оне представљају основни узрок појаве пукотина код постојећег решења. Нова решења су потврђена одговарајућим испитивањима у условима експлоатације.*

Кључне речи – модернизација, дизел-моторни воз, огибљење, рам.

1. УВОД

Дизел-моторни возови (шинобуси) серије 812/818 ЖТП-а "Београд" су се у експлоатацији и одржавању показали као веома економична возила. Њихов просечан радни век је достигао 40 година и наметнуло се питање њихове даље употребе. Имајући у виду општу ситуацију наших железница, одлучено је да се изврши реконструкција са циљем да се век шинобуса продужи за најмање десет година.

У оквиру реконструкције је као први захват предвиђена замена мотора, којем је истекао радни век. Већ та замена захтева одређену реконструкцију рама трчећег постоља моторних кола, ради смештања новог мотора. Имајући у виду да су рамови моторних кола током експлоатације пуцали на много различитих места, као рационално решење се наметнула замена постојећих рамова новим, реконструисаним.

Као мера за смањење динамичких сила које су узрочник пуцања рама предвиђена је и реконструкција система примарног огибљења.

Овде ћемо се задржати на решењу новог примарног огибљења, решењу новог рама и теоријским и експерименталним доказима ваљаности нових решења.

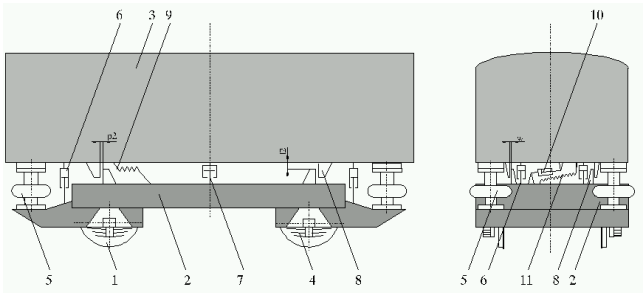
Ови послови обављени су у сарадњи Машинског факултета Београд, Института "Кирило Савић", "Шинвоза" Зрењанин и ЖТП-а Београд.

2. АНАЛИЗА ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА

2.1. Анализа система огибљења

Шематски приказ система огибљења шинобуса је дат на слици 1. Примарно огибљење моторних кола и приколице чине четири гибња (4) у паралелној вези, на које је непосредно ослоњен рам трчећег склопа (2). Гибањ служи и као водилица осовина. Зазор гибањ-рам и у уздужном и у бочном правцу је занемарљив, пошто се рам ослања директно на гибањ, без карика, како је то уобичајено и једино дозвољено код данашњих теретних кола.

Рам трчећег склопа чини, у вертикалном правцу, примарно огибљену масу. Код моторних кола је на њему ослоњен већи број уређаја, тако да је укупна примарно огибљена маса знатно већа него код приколице.



Слика 1. Систем огибљења пре реконструкције

Секундарно огибљење чине четири ваздушна меха (5), од којих је сваки спојен са помоћним резервоаром. На основу карактеристике меха, може се уочити особина торусних ваздушних мехова да им се вертикална карактеристика може мењати зависно од угиба, преко регулатора висине, путем промене притиска у меху. Насупрот томе, радијална карактеристика при свим оптерећењима, односно притисцима у меху, остаје практично иста. Пригушење се у секундарном огибљењу остварује помоћу хидрауличних амортизера. У вертикалном правцу на моторним колима и приколици постоје по четири вертикална амортизера (6), док код моторних кола постоје још два вертикална амортизера, који су смештени са сваке стране на средини кола (7). Пригушење бочних осцилација колског сандука у односу на рам се врши помоћу два амортизера (10) смештена на сваком челу рама. Уздужно вођење колског сандука (3) у односу на рам (2) врши се помоћу једне полужне водилице (9) са гуменим зглобовима на сваком крају. Попречно вођење се обавља помоћу две полужне водилице (11), смештене на сваком челу, које

[1] др Војкан Лучанин, ред. проф., Машински факултет, 27.марта 80, 11000 Београд, vlucanin@ mas.bg.ac.yu.
[2] др. Горан Симић, доцент, Машински факултет, 27.марта 80, 11000 Београд, gsimic@beotel.yu
[3] мр Драган Милковић, асистент, Машински факултет, 27.марта 80, 11000 Београд, dmilkovic@mas.bg.ac.yu.

су за рам везане преко гуменог зглоба, а за колски сандук преко две цилиндричне завојне опруге чије се предоптерећење подешава при центрирању колског сандука у односу на рам.

Са савремене тачке гледишта може се констатовати, да код система огибљења овог дизел-моторног воза постоји велики несклад између примарног и секундарног огибљења. Секундарно ваздушно огибљење се и данас сматра најквалитетнијим системом огибљења за путничке возове, код којих је у експлоатацији велика разлика у огибљеној маси пуних и празних кола. Насупрот томе, примењени систем примарног огибљења је потпуно застарео и то по два основа. Прво, непосредно ослањање рама трчећег склопа на гибњеве преко ушки, са бочним зазором који је приближно једнак нули је са данашње тачке гледишта потпуно неприхватљиво. Код теретних кола, која данас представљају искључиво поље примене гибњева у огибљењу шинских возила, чак је директно ослањање преко ушки изричито забрањено UIC прописима.

На тај начин, целокупна маса рама остаје у бочном правцу практично неогибљена, јер су у том правцу, између шина и колског сандука први еластични елементи - ваздушни мехови. Ово је посебно неповољно код моторних кола, чији рам заједно са опремом која је круто окачена на њега, и осовинским склоповима чини велику бочно неогибљену масу (приближно 4,33 тоне). Ова чињеница је нарочито неповољна при осцилацијама око вертикалне осе због великог масеног момента инерције, што погодује настанку великих инерцијалних бочних сила, које би могле бити један од основних узрока појаве многобројних пукотина на раму.

Наведене чињенице јасно указују, да реконструкцијом треба обезбедити известан бочни еластични ход у примарном огибљењу. Колики зазор се у конкретној конструкцији највише може дозволити зависи углавном од:

а) резерве до искоришћења дозвољеног габарита [5] и

б) повећања померања које дозвољава постојећа кардanska веза између преносника и осовинског преносника.

На основу прорачунских анализа утврђено је да могући зазор у примарном огибљењу по наведеним критеријумима не сме да пређе 13mm. У оквиру тог ограничења је тражено могуће решење новог примарног огибљења.

Из изложеног се постављају следећи задаци при реконструкцији:

- обезбедити огибљење рама трчећег склопа и у бочном правцу,
- елиминисати праг неосетљивости својствен пригушењу на бази сувог (Кулоновог) трења које постоји у гибњевима и
- уколико је могуће, одабрати карактеристике примарног огибљења у границама које омогућавају бољу мирноћу хода.

У том циљу је извршена динамичка анализа основнох облика осциловања и одређене су границе могућих измена [1].

2.2. Анализа рама трчећег постоља

Рам трчећег постоља моторног воза, је обликован педесетих година прошлог века, према тада важећим нормама прорачуна. Оригинални прорачун чврстоће [2] је рађен као статички прорачун и обухватио је вертикална оптерећења са фактором динамичких сила 1,2. У том прорачуну се не помињу било какави прописи који би били основа за прорачун. Данашњи UIC прописи за рамове обртних постоља путничких кола [6] захтевају да у статичком прорачуну чврстоће овај фактор буде 1,4, а за колски сандук 1,3 [7].

У некадашњем оригиналном прорачуну чврстоће шинобуса [2], бочне силе нису разматране, као ни утицај извитоперења колосека. Данашњи прописи за рамове обртних постоља предвиђају комбинацију вертикалног оптерећења, бочног оптерећења и утицаја извитоперења колосека. Осим тога, прописи предвиђају проверу конструкције на замор са комбинацијом различитих амплитудних случајева оптерећења, што својевремено није било ни прописано, нити прорачунавано.

Слика 2. Пукотине на раму

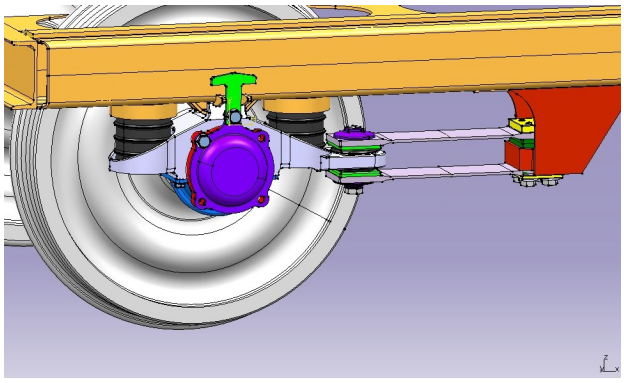
Већ у поменутом прорачуну, главни уздужни носачи трчећег постоља I18 су били ојачани са горње стране једном наваренom ламелом пресека 60x15mm. У току дугогодишње експлоатације на раму су се појавиле многобројне пукотине, укључујући комплетан лом главних уздужних носача. вршене су многобројне локалне поправке и ојачања без трајнијег резултата. Слика 2 приказује један овакав пример. У радионици за одржавање је носач "закрпљен" додавањем лимова са обе стране пресека (на слици се види траг завареног споја на месту дела профила који је замењен), али је касније таква "закрпа" поново пукла.

Чињеница да су пукотине настајале на већем броју различитих места и да се очигледно ради о динамичким ломовима искључила је локалне интервенције као дугорочно решење. Закључено је да су рамови моторних кола у сувише лошем стању и да је најрационалније израдити нове реконструисане и ојачане рамове.

3. ПРИКАЗ НОВИХ КОНСТРУКТИВНИХ РЕШЕЊА

3.1. Вођење осовинског склопа и примарно огибљење

На основу обављене анализе карактеристичних конструктивних варијанти вођења осовинског склопа и примарног огибљења и постављених критеријума: што једноставнија конструкција (што мање елемената, што једноставнија израда и ниска цена), елиминисање тарних површина и делова који се хабају, добра погодност за одржавање и што мања потреба за одржавањем (добра приступачност, мали број операција при монтажи и демонтажи, мали број делова који се често контролишу и замењују) и уклапање у расположиви простор, дефинисано је идејно конструктивно решење које је приказано на слици 3.



Слика 3.Ново решење система примарног огибљења

Предложено решење има две гумено-металне опруге које не захтевају примену хидрауличног амортизера за пригушење. "Горњи" граничник ограничава ход опруге при екстремним вертикалним ударима, а "доњи" служи за подизање осовина заједно са рамом.

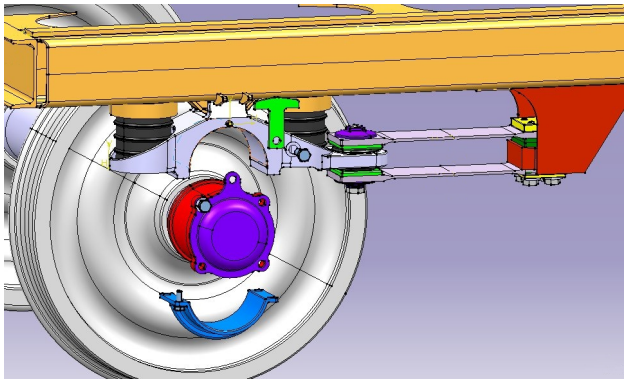
Вођење осовине помоћу паралелних лиснатих водилица је преузето од обртног постоља МД52, што значи да нема потребе да се развијају нови већ се користе постојећи елементи. Делимично еластично вођење осовине и попречно огибљење је омогућено гуменим елементима, у вези водилица са кућиштем.

Ови елементи са крутошћу по точку у уздужном правцу $c_x \approx 3{,}3$kN/mm и попречном правцу $c_y \approx 8$kN/mm, развијени су својевремено у склопу решавања проблема прекомерног хабања венаца точкова код путничких кола са обртним постољем МД 52. Мада те карактеристике нису оптималне за шинобус, знатно су повољније од претходног крутог решења. Захваљујући овим елементима омогућено је у примарном огибљењу мало еластично бочно и уздужно померање.

Бочна еластичност омогућава смањење бочних удара на раму трчећег постоља, нарочито на уласцима у кривине. Уздужна еластичност омогућава делимично радијално постављање осовина у кривинама и извесно смањење хабања венаца точкова.

Подешавање паралелности осовинских склопова се врши на зупчастим летвама у причврсним тачкама еластичних водилица само при првој монтажи.

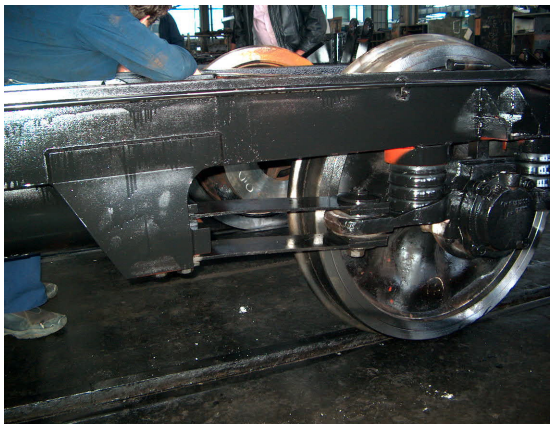
Ради олакшане замене осовинских склопова, кућиште лежаја је одвојено од носача опруга. Носач опруга чини у ствари горњи део кућишта, који заједно са доњим делом кућишта, обухвата цилиндар кућишта. Демонтажа осовинског склопа (слика 4) се врши одвијањем вијака доњег дела кућишта и његовим уклањањем, чиме се ослобађа осовина. На овај начин се при развезивању и поновној монтажи осовинског склопа не мора демонтирати ни један елемент огибљења, нити се врши поновно подешавање паралелности осовина.



Слика 4. Принцип демонтаже осовинског склопа

Од свих наведених битних елемената као нови се развијају само примарне гумене опруге и делови кућишта. Међу деловима кућишта је најбитнији горњи део који има и функцију носача примарних опруга, везе са лиснатим водилицама и функцију принудног вођења осовина у случају евентуалног лома лиснатих водилица.

Предложена реконструкција система огибљења представља компромисно решење које се уклапа у ограничења наметнута постојећом конструкцијом шинобуса, слика 5.



Слика 5. Изглед новог огибљења

3.2. Рам трчећег постоља

Пошто се нови мотор не уклапа у расположиви простор између постојећих носача рама трчећег постоља, у зони ослањања мотора се одговарајући уздужни носачи морају размакнути. Због реконструкције примарног огибљења, главни уздужни носачи у зони ослањања нових опруга и држача уздужних водилица (ленкера) морају бити проширени и ојачани.

У концепцији новог рама поштована је постојећа геометрија распореда носача колико год је то било могуће, да би се избегао даљи ланац изнуђених измена.

Уместо многобројних закрпа, изабрани су јачи пресеци носача. Висина конструкције рама (180 mm) није мењана. Промена ове мере, било задирањем навише, или наниже би изазвало потребу реконструкције свих елемената везе сандук–рам или рам осовински склоп, са индукцијом даљих проблема и проширењем обима реконструкције.

За моделирање методом коначних елемената [3], анализирана конструкција је представљена као просторна структура међусобно повезаних коначних елемената. Коришћени су следећи елементи из библиотеке елемената примењеног програмског пакета: плоче, гранични елементи, запремински и елементи типа "штап".

Плоче се користе као површински елементи са три или четири чвора, дебљине која одговара дебљини лимова који се њима моделирају. Моделирање се врши по средњим равнима лимова.

Елементи типа "штап" (преносе само аксијалне силе), се користе за моделирање утицаја еластичности примарних опруга. Њихове карактеристике (површина пресека, модул еластичности, дужина) су изабране тако да аксијална крутост одговарајућих штапова одговара крутости примарних опруга. Ово је неопходно пре свега због правилног уношења утицаја извитопереног колосека у прорачун.

Запремински елементи су коришћени за моделирање везе рама са еластичним водилицама осовинског склопа.

Гранични елементи се користе за моделирање померања еластичних ослонаца услед извитоперења колосека.

С обзиром да су актуелни UIC прописи знатно оштрији од прописа по којима је изворни рам конструисан, а при томе ни други делови конструкције (нпр. колски сандук) те прописе не задовољавају, при избору меродавних оптерећења за прорачун чврстоће рама, усвојено је да се примењују прописана оптерећења у складу са [6], у свим случајевима за које се процени да је то реално. У ретким случајевима где примена прописа на конструкцију разматраног рама због специфичне конструкције није реална, вршено је усвајање оптерећења, уз одговарајућу анализу.

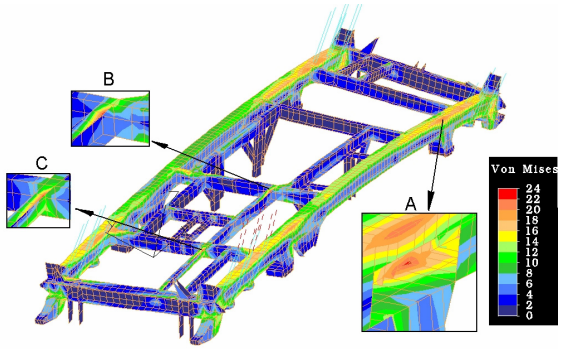
UIC прописи за испитивање чврстоће рама обртног постоља [6, 8] дефинишу:

- статичка испитивања под изузетним оптерећењима,
- статичка испитивања под нормалним оптерећењима и
- испитивања на замор.

Изузетна оптерећења се јављају мали број пута у веку конструкције, па не могу довести до замора материјала. Под њима се не смеју појавити пластичне деформације у конструкцији.

Нормална (експлоатациона) оптерећења представљају скуп максималних и минималних амплитудних оптерећења, којима се оцењује сигурност од лома услед замора.

Испитивања на замор представљају практичну експерименталну проверу сигурности од динамичког лома услед замора на опитном штанду, па за прорачун нису интересантна (практично су у прорачуну покривена експлоатационим оптерећењима).



Слика 6. Деформисани рам са напонском сликом

Рам обртног постоља подвргава се разним комбинацијама сила, чиме се симулира:

- кретање на правцу, укључујући вертикалне осцилације,
- кретање у кривинама - утицај сила услед непоништеног бочног убрзања,
- динамичка оптерећења која су последица ваљања (ротација око уздужне осе),
- силе које настају при преласку извитоперења колосека,
- уздужне инерцијалне силе при налетању некоченог вагона на други вагон,
- специфична и локална оптерећења (реакције од мотора, преносника, кочнице итд.).

На слици 6 је приказан деформисани модел рама са напонском сликом у случају комбинованог изузетног оптерећења (вертикално+бочно+извитоперење колосека од 10‰). На слици су означене и најоптерећеније зоне.

На основу резултата спроведеног прорачуна може се закључити:

- конструкција новог рама у потпуности задовољава услове UIC-а [6] прописане **за статичку чврстоћу под изузетним оптерећењима,**
- резултати провере на замор под експлоатационим оптерећењима показују да конструкција не може у потпуности да задовољи **трајну динамичку чврстоћу** само у врло ограниченим зонама.

Даље интервенције, са циљем да се и ове зоне елиминишу путем промене попречног пресека главног уздужног носача повлаче измене у елементима за везу рам-колски сандук и захвате на сандуку. Примена јачег материјала само у малој мери отклања угрожене зоне, па је примена ове мере недовољна. Век реконструисаног воза при дефинисању реконструкције је ограничен на још десет година, па је на основу прорачуна процењено да прекорачење дозвољених напона у том периоду неће угрозити чврстоћу конструкције.

Због провере таквог закључка, предвиђено је да се на најкритичнијим местима из прорачуна провери ниво динамичких напона мерењем у експлоатационим условима и да се на основу тога оцени очекивани век конструкције рама.

Рам приколице, који у експлоатацији у досадашњем веку није имао проблеме са појавом напрслина је само претрпео мању адаптацију, у циљу прихватања

ослонаца за нове опруге.

Комплетан програм испитивања, усаглашен са ЖТП-ом Београд је обухватио:

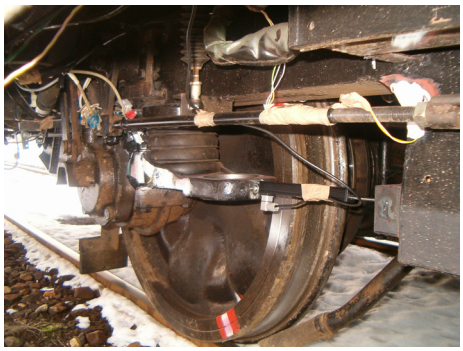
а) Испитивање безбедности кретања и квалитета хода по методологији UIC 518, а складу са условима који се на пругама СЦГ могу остварити.

б) Мерење напона у вожњи на новом раму трчећег постоља на најкритичнијим местима из прорачуна чврстоће, у циљу оцене века рама у експлоатацији.

ц) Мерење напона на новом горњем делу кућишта лежаја у вожњи укључујући и случај симулације лома лиснатих водилица (ленкера) осовинског склопа, када овај део преузима улогу принудне водилице. Мерење је обављено на једном кућишту најоптерећеније-погонске осовине моторних кола.

д) Мерење померања у примарном огибљењу у циљу провере услова рада у експлоатацији и верификације оптерећења узетих при пројектовању новог примарног огибљења. Мерење је обављено на моторним колима (погонска осовина) и управљачници, у стању празно и стању максимално натоварено.

За испитивање је одабрана пруга Зрењанин фабрика-Вршац-Панчево главна, као типична деоница по којој ће саобраћати реконструисани шинобуси. Деоница између Зрењанина и Вршца је у доста лошем стању па је погодна за сва мерења везана за оцену чврстоће конструкције. Деоница Вршац-Панчево омогућава постизање максималних брзина потребних за испитивање динамичког понашања.



Слика 7 Мерење напона, померања и убрзања

По наведеном програму, обављено је испитивање којим су верификована примењена конструктивна решења. На обимним резултатима испитивања се овде нећемо задржавати јер ће то бити тема неког другог рад. Слика 7 приказује део мерних места на погонској осовини при испитивању.

4. ЗАКЉУЧАК

У складу са постављеним пројектним задатком, у раду је приказана анализа на бази које је извршена реконструкција система огибљења и рама, која је обухватила:

- замену гибњева гумено-металним опругама и измену система вођења осовине. Ради једноставности реконструкције и конструктивних решења, а имајући у виду и присутна просторна ограничења овај систем је преузет од обртног постоља ГОША-100 (MD 52),
- реконструкцију кућишта лежаја у циљу прилагођавања новом типу опруга и вођења
- комплетну измену конструкције рама моторних кола са циљем повећања чврстоће и отпорности на појаву замора и мању адаптацију рама приколице ради пријема ослонаца новог огибљења.

Овом реконструкцијом се постижу следећи ефекти:

- постојећи рам се замењује новим, знатно ојачаним рамом који готово у потпуности одговара савременим UIC прописима за чврстоћу
- смањено динамичко оптерећење примарно огибљених маса (рам и целокупна опрема на раму моторних кола), нарочито у бочном правцу. Ово је постигнуто увођењем малог еластичног пошетаја у бочном правцу, уместо досадашње круте бочне везе гибњева са рамом,
- уместо крутог уздужног вођења осовина, омогућава се делимично радијално вођење, чиме се утиче на смањење хабања венаца точкова и
- замена осовинског склопа, без потребе да се при томе сваки пут подешава паралелност осовина.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Пројекат реконструкције система огибљења дизел-моторног воза серије 812/818, Машински факултет - Институт Кирило Савић", Београд, 1996.год.

[2] Statische Berechnung der Schienen-Omnibusse nach Zeichnung C1017.01.1, Waggonfabrik Uerdingen, 1951.-1956.

[3] Прорачун рама трчећег постоља шинобуса серије 812-814, Машински факултет Београд, 2003.

[4] 1956.

[5] UIC 505-5

[6] UIC 515-4

[7] UIC 566

[8] UIC 615-4

MODERNISATION OF DMU SERIES 812/818

Vojkan Lučanin, Goran Simić, Dragan Milković

Abstract *– Considering general situation of our railways, decision of reconstruction and modernisation of DMU series 812/818 has made, with purpose to prolong it working life for at least ten years. In this paper frame reconstruction and primary suspension system modernisation are shown. Based on analysis of existing faults and possible solutions, new designs, as well as calculation results are shown. Frame has been strengthened and maximally adapted according to UIC regulations. Changes in primary suspension system have purpose to decrease dynamic forces on frame, because they are basic reason for crack appearances on the existing frame. New designs are experimentally verified in exploitation conditions.*

Key words – modernisation, diesel-motor-train, suspension, frame.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

STABILIZATION CONTROL OF HUNTING MOTION IN A RAILWAY VEHICLE WHEELSET (EFFECTS OF A GYROSTABILIZER AND NONLINEAR FEEDBACK)*

Hiroshi YABUNO [1]

Abstract *— Railway vehicles experience a hunting motion above a critical speed. This resonance is a kind of flutter-type self-excited oscillation. In this presentation, we consider linear and nonlinear characteristics of the hunting motion and propose stabilization methods for the resonance by using a fundamental two-degrees of freedom model of the wheelset. In the first half, it is theoretically and experimentally shown that the gyro damper is effective on the increase of the critical speed in the linear sense above which the hunting is produced. In the second half of this presentation, the nonlinear characteristics are improved by the nonlinear feedback control, and the occurrence of the hunting motion below the critical speed is avoided independent of the magnitude of the disturbance.*

Keywords - Railway, hunting motion, nonlinear, gyro-damper.

1. INTRODUCTION

Railway wheelset experiences the problem of hunting motion above a critical speed, which is known as a flutter-type self-excited oscillation [1] [2] due to a non-conservative contact force [3]. In this study, we consider the mathematical model, which is a single suspended railway wheelset with two-degrees of freedom, and propose two stabilization control methods for the hunting motion.

In the first half, the stabilization by a gyro damper is discussed using linear theory. It is shown that the critical speed increases as the rotational speed of the gyro increases. Also, an experimental study by using a simple apparatus is conducted and the validity of the control method is confirmed. In the second half of the presentation, we focus on the nonlinear characteristics of the hunting motion. It is clarified, as a result of recent advances in the bifurcation theory that a subcritical Hopf bifurcation is produced at the critical speed. Therefore, even if the running speed is blow the critical speed obtained by the linear theory, the hunting motion can occur depending on the magnitude of the disturbance. In order to make the wheelset stabilize independent of the disturbance magnitude, we propose a bifurcation control based on active nonlinear feedback. The nonlinear feedback gain is designed on the center manifold so that the subcritical Hopf bifurcation is transformed into supercritical one. Furthermore, experimental results show the validity of the theoretically proposed control method.

2. ANALYTICAL MODEL AND HUNTING MOTION

We consider a mathematical model of the single railway wheelset, which has two degrees of freedom: lateral motion y and yawing motion ψ as shown in Fig.1. The wheelset is suspended by two springs and runs forward at a constant speed v on a straight track. This is well known as the most basic and essential model for investigating the hunting motion. The origin O of the x-y-z-coordinate, which moves along the straight rail with the same speed as the running speed of the wheelset, is set at the center of the axle of the wheelset in the state where the lateral and yawing motion are not produced. The y-axis is set parallel to the axle of the wheelset and the z-axis is set to the running direction of the wheelset. Using the half-track gauge, d_0, as the representative length and the inverse value of the natural frequency, ω_ψ, as the representative time, the dimensionless equations governing the lateral motion y^* and yawing motion ψ are expressed as follows [4]:

$$\ddot{y}^* + \frac{d_{11}}{v^*}\dot{y}^* + k_{11}y^* + k_{12}\psi = 0 \qquad (1)$$

$$\ddot{\psi} + \frac{d_{22}}{v^*}\dot{\psi} + k_{21}y^* + k_{22}\psi = 0, \qquad (2)$$

where the asterisk denotes a dimensionless value and the dot denotes the derivative with respect to dimensionless time, t^*. The above dimensionless coefficients are expressed as follows:

$$d_{11} = 2\kappa_y/(md_0\omega_\psi^2), d_{22} = 2\kappa_x d_0/(I\omega_\psi^2),$$
$$v^* = v/(d_0\omega_\psi^2), k_{11} = (1 - l_0/l)(\omega_y/\omega_\psi)^2,$$
$$k_{a11} = k_y/(m\omega_\psi^2), k_{12} = -2\kappa_y/(md_0\omega_\psi^2),$$
$$k_{22} = 1, k_{21} = 2d_0^2\kappa_x\gamma_e/(Ir_0\omega_\psi^2).$$

[1] Hiroshi YABUNO, Associate Professor, Department of Intelligent Interaction Technologies, University of Tsukuba, Tsukuba 305-8573 JAPAN, yabuno@esys.tsukuba.ac.jp

* Invited Paper

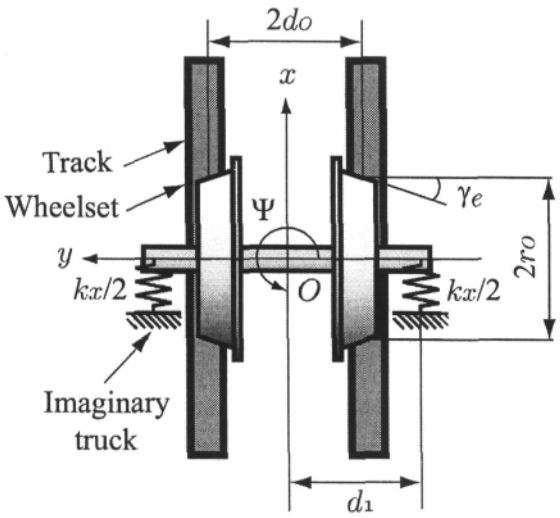


Fig. 1: Top view of the wheelset model.

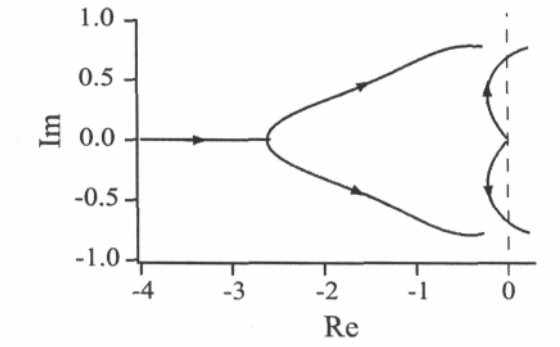


Fig. 2: Root loci. (The four characteristic roots vary along the arrows with increasing running speed.)

Here, m, I, l, l_0, and v^* are the mass of the wheelset, the moment of inertia, the length of the spring in the equilibrium state, the natural length of the spring, and the dimensionless running speed, respectively [5]. The values of the dimensionless coefficients corresponding to the preceding experimental setup can be obtained by the procedure in reference [4]

As mentioned in the reference [4], the characteristic roots vary along the arrows in Fig. 2. The speed at which the root loci interest the imaginary axis corresponds to the critical speed for the hunting motion, v^*. This critical speed is obtained by examining the eigenvalues of the linearly approximated governing equation, (6) and (7), and expresses the boundary of stability in the linear sense.

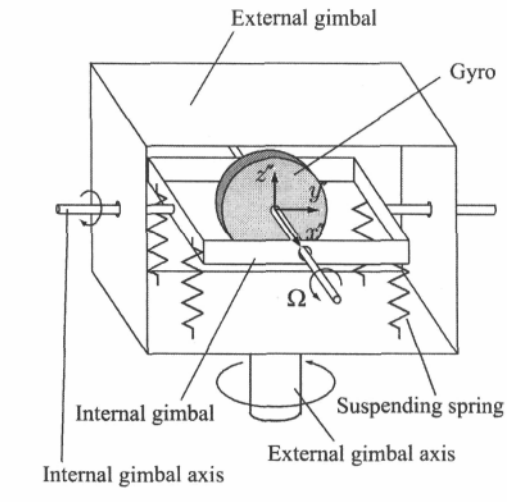


Fig. 3: Gyro damper.

3. PASSIVE STABILIZATION OF HUNTING MOTION BY GYRO DAMPER

3.1. Increase of the critical speed by gyro damper

We introduce a gyro damper and make the critical speed of the hunting motion increase. The external gimbals are jointed to the truck so that the angle is equal to the yawing angle ψ, as shown in Fig. 3. Considering the effect of the gyro motion around the internal gimbals axis η, we can express the dimensionless equation of motion as follows:

$$\ddot{y}^* + \frac{d_{c11}}{v^*}\dot{y}^* + k_{c11}y^* + k_{c12}\psi = 0 \qquad (3)$$

$$\ddot{\psi} + k_{c21}y^* + \frac{d_{c21}}{v^*}\dot{\psi} + k_{c22}\psi + d_{c22}\Omega^*\dot{\eta} = 0 \qquad (4)$$

$$\ddot{\eta} + d_{c31}\Omega^*\dot{\psi} + d_{c32}\dot{\eta} + k_{c31}\eta = 0, \qquad (5)$$

where Ω^* is the dimensionless speed of the rotor in the gyro damper. The coefficients of the above equations corresponding to the proceeding experiment are expressed as follows: $d_{c11} = 2.04$, $k_{c11} = 0.0608$, $k_{c12} = -2.04$, $k_{c21} = 0.120$, $d_{c21} = 3.53$, $k_{c22} = 0.935$, $d_{c22} = -0.0787$, $d_{31} = 1.25$, $d_{c32} = 1.42$, and $k_{31} = 0.058$. Figure 4 shows the relationship between the rotor speed and the critical speed of the hunting motion. A higher rotor speed provides higher critical speed.

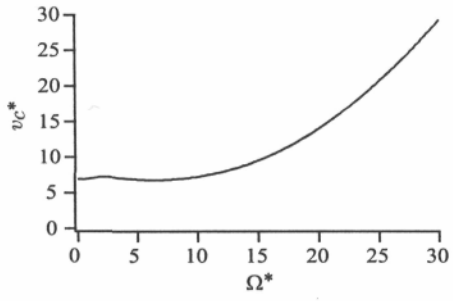


Fig. 4: Theoretically obtained relationship between critical running speed v_c^* and the dimensionless speed of the rotor in the gyro damper Ω^*

3.2. Experiment for the stabilization by gyro damper

The experimental setup is shown in Fig. 5. The wheelset can be moved freely in both y- and ψ-directions by means of linear and angular bearings. The roller rig, whose radius is 0.15m, and the rotor in the gyro damper, can be rotated at the desired speed by a controller as shown in Fig. 5. We set the speed of the rotor some constant values and for each case, we find the critical speed by gradually increasing the running speed. As a result, the relationship between the critical running speed v_c and the speed of the rotor Ω is shown as Fig. 6. As theoretically predicted in Fig. 4, it is also experimentally confirmed that the critical running speed is increased as the speed of the rotor in the gyro damper is increased.

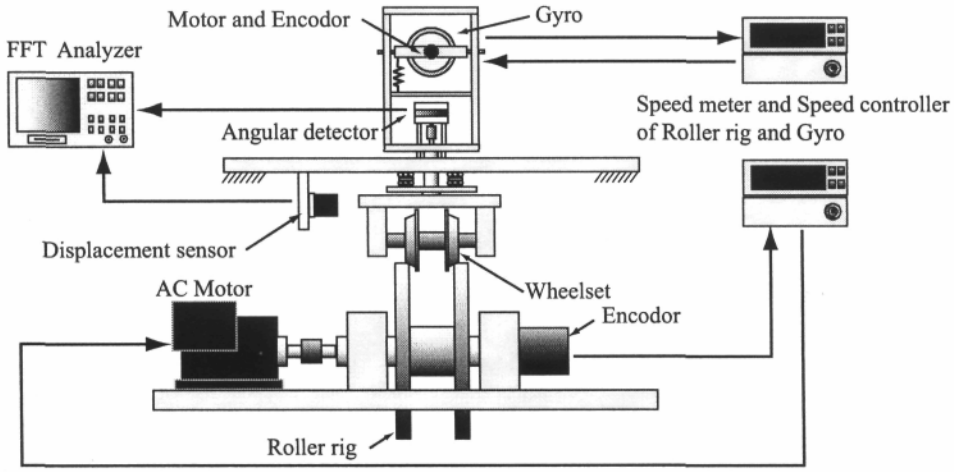


Fig. 5: Experimental setup

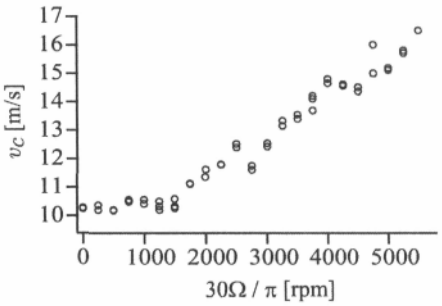


Fig. 6: Experimentally obtained relationship between the critical running speed v_c and the speed of the rotor in the gyro damper Ω

4. ACTIVE CONTROL OF HUNTING MOTION BY NONLINEAR FEEDBACK

4.1. Nonlinear characteristics of the hunting motion

Considering the nonlinear effects, the equations of motion are rewritten as

$$\ddot{y}^* + \frac{d_{11}}{v^*}\dot{y}^* + k_{11}y^* + k_{12}\psi + \alpha_{yyy}y^{*3} + \alpha_{yy\psi}y^{*2}\psi + \alpha_{y\psi\psi}y^*\psi^2 + \alpha_{\psi\psi\psi}\psi^3 = 0 \quad (6)$$

$$\ddot{\psi} + \frac{d_{22}}{v^*}\dot{\psi} + k_{21}y^* + k_{22}\psi + \beta_{yyy}y^{*3} + \beta_{yy\psi}y^{*2}\psi + \beta_{y\psi\psi}y^*\psi^2 + \beta_{\psi\psi\psi}\psi^3 = 0, \quad (7)$$

where the cubic nonlinear terms with eight unknown coefficients, α_{yyy}, • • • $\beta_{\psi\psi\psi}$, are assumed because it is indicated in some studies [2] [6] [7] [8] that the hunting motion is produced through Hopf bifurcation. These cubic nonlinear terms include factors such as the nonlinear effects due to kinematics of the contact points, creep forces determined according to Kalker's theory, and mechanical suspension.

We examine the nonlinear stability in the neighborhood of the critical speed. First, by introducing the small parameter ε, we express the dimensionless running speed as follows:

$$v^* = v_c^*(1+\epsilon). \quad (8)$$

When ε = 0, the linear part of Eqs. (6) and (7) has a pair of imaginary eigen values and two negative eigen values. Therefore, according to the procedure of the previous study [5], Eqs. (6) and (7) with nonlinear terms can be reduced to a pair of first order differential equations on the center manifold [9] as follows [5]:

$$\dot{r} = D_{1r}\epsilon r + D_{4r}r^3 \quad (9)$$

$$\dot{\theta} = \omega + D_{1i}\epsilon + D_{4i}r^2, \quad (10)$$

where the parameter D_{1r} is positive from the linear analysis. Setting r = 0 in Eq. (9) yields the radius of the nontrivial limit cycle on the center manifold as follows:

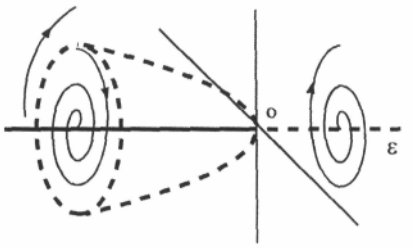
$$r_{st} = \sqrt{-\frac{D_{1r}\epsilon}{D_{4r}}}. \quad (11)$$

Therefore, the bifurcation diagram in the vicinity of the critical speed of the hunting motion can be shown as Fig. 7 [9]. As is well known, there are two types of bifurcation diagrams and the nonlinear characteristics of the bifurcation are subcritical and supercritical for $D_{4r} > 0$ and $D_{4r} < 0$, respectively. Because a wheelset often undergoes the subcritical Hopf bifurcation, we consider the type as Fig.

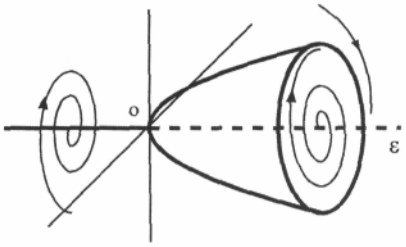
7(a). Hence, even below the critical speed v^* which is obtain by the linear theory, i.e., even in the case of $\varepsilon < 0$, the hunting motion can be produced depending on the magnitude of the disturbance. Hence, when the equivalent disturbance is larger than the unstable limit cycle, the hunting motion is produced even if the running speed is below the critical speed. The parameter D_{4r}, which is theoretically expressed by the eight cubic nonlinear coefficients, α_{yyy}, • • • $\beta_{\psi\psi\psi}$, in the original equations of motion, Eqs. (6) and (7), can be determined by the experimental investigations [5]. Now, our control objective is to avoid the occurrence of the hunting motion below the critical speed, independent of the magnitude of the disturbance. We apply the control force in the lateral direction and design the nonlinear feedback control on the center manifold, so that the subcritical Hopf bifurcation (Fig. 7(a)) is transformed into supercritical one (Fig. 7(b)). Then the hunting motion is avoided independent of the magnitude of the disturbance below the critical speed. To this end, we add the nonlinear feedback to the reduced equation on the center manifold as follows:

$$\begin{aligned} \dot{r} &= D_{1r}\epsilon r + D_{4r}r^3 + D_{fb}r^3 \\ &= D_{1r}\epsilon r + (D_{4r} + D_{fb})r^3, \end{aligned} \qquad (12)$$

where we choose the nonlinear feedback gain Dft, so that the cubic coefficient $D_{4r} + D_{fb}$ ($D_{4r} > 0$) is negative. After that, we transform the nonlinear feedback on the center manifold, $D_{fbr}3$ into the practical force in y-direction by using the procedure to obtain Eqs. (9) and (10) on the center manifold [5].



(a) Subcritical



(b) Supercritical

Fig. 7: Hopf bifurcation

5. EXPERIMENT FOR THE STABILIZATION BY NONLINEAR FEEDBACK

We experimentally investigate the effect of the nonlinear feedback, whereby the hunting motion is stabilized against any magnitude of the disturbance below the critical speed as described in the previous section. The experimental setup is similar to Fig. 5, but instead of the gyro damper, a linear motor (thrust constant, 2 N/A; maximum thrust, 8 N; frequency response, 300 Hz) for control force is attached to the truck and realizes the suitable nonlinear feedback control theoretically designed on the center manifold.

First we show the time histories of the lateral motion of the wheelset in the cases of v = 6.2m/s and v = 6.6m/s in Fig. 8(a) and (b). These experiments are performed under the small disturbance caused from the fluctuation noise, i.e., from the roughness on the surface of the roller rig. The observed stability corresponds to the theoretical results in the linear theory and the critical speed is determined to be v_c = 6.4m/s.

We focus on the case of Fig. 8(a) in which the running speed is below the critical speed. Figure 9(a) shows the time history under the large disturbance. Even if the running speed is below the critical speed, it is experimentally confirmed that the hunting motion can be produced by the large disturbance. The growth of the amplitude is limited by the flange of the wheelset. This phenomenon proves that the subcritical Hopf bifurcation occurs at the critical point. Figure 9(b) shows the time history in the same disturbance, but under the nonlinear control theoretically proposed in the preceding section. In this case, because the subcritical Hopf bifurcation is transformed into the supercritical one and the unstable limit cycle is eliminated, the hunting motion is not produced even under the large disturbance.

6. CONCLUDING REMARKS

Stabilization methods of the hunting motion of a railway vehicle wheelset are theoretically and experimentally proposed. In the first half, it is theoretically shown that the critical running speed in the linear sense is increased by using a gyro damper. The relationship between the speed of the rotor and the critical running speed is theoretically and experimentally clarified. In the second half, the global stability is discussed. Hunting motion has inherently nonlinear characteristics of soft spring type. Therefore, the wheelset undergoes the subcritical Hopf bifurcation at the critical speed and even if the running speed is below the critical speed, the hunting motion can be produced depending on the magnitude of the disturbance. In this study, by designing the feedback gain on the center manifold on which the no linearity of the hunting monition is characterized, we transform the subcritical Hopf bifurcation into supercritical one and eliminate the unstable limit cycle. As a result, the avoidance of the hunting motion is accomplished independent of the magnitude of the disturbance.

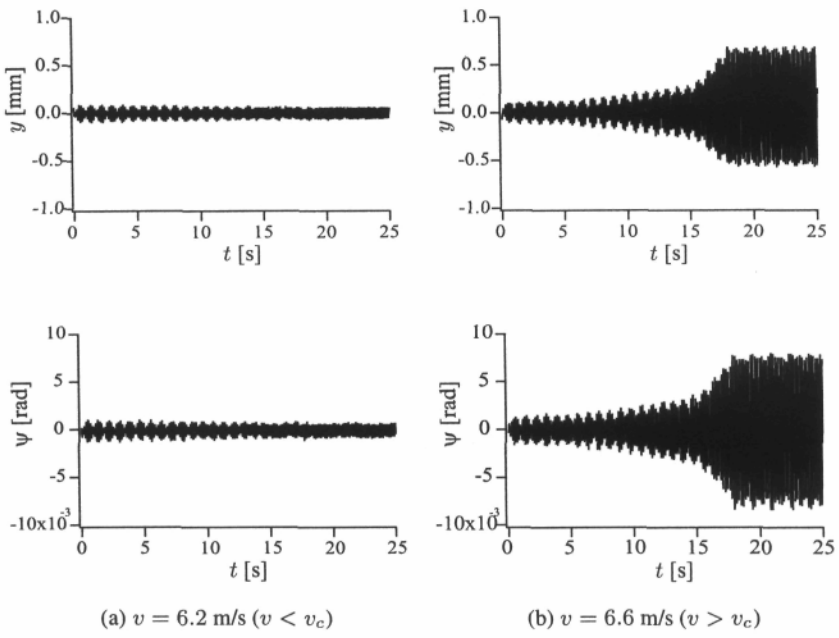


Fig. 8: Time history under the fluctuation noise, ((a) Below the critical speed, (b) Above the critical speed.)

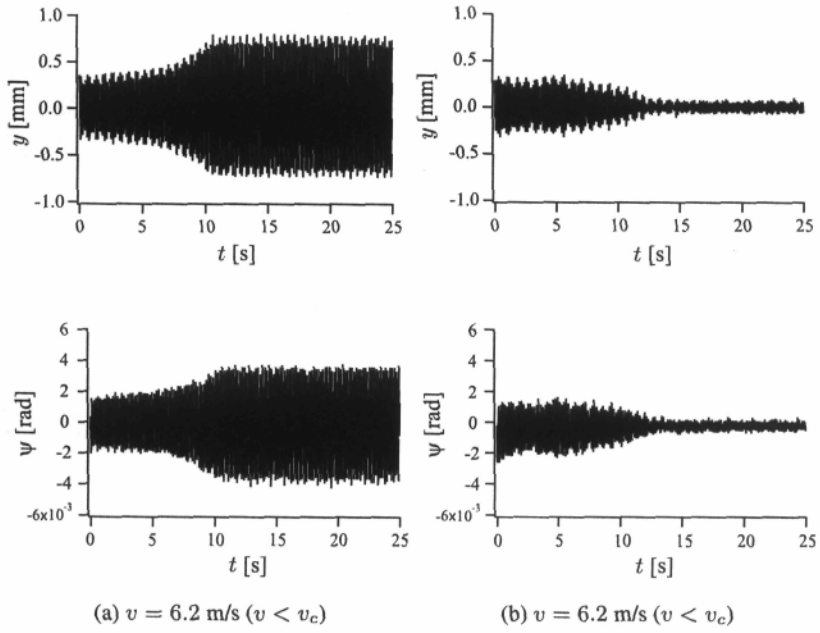


Fig. 9: Time history under large disturbance, ((a) Without nonlinear feedback control, (b) With nonlinear feedback control.)

Acknowledgements: The author wishes to thank Professors Dr. Miroslav Durdanovic and Dr. Katica (Stevanovic) Hedrih, who gave the opportunity to present our studies in XI SCIENTIFIC-EXPERT CONFERENCE ON RAILWAYS "RAILCON ' 04." Also, the author expresses his thank to Professor Nobuharu Aoshima, University of Tsukuba for his valuable comments and to Mr. Hirokazu Takano, and a graduate student of University of Tsukuba for his help with some of the experiments. This work was supported by a Grant-in-Aid for Scientific Research from the Japanese Ministry of Education, Sports, Science, Culture, and Technology (15360222 and 16560377).

REFERENCES

[1] A. H. Wickens, The Dynamics stability of simplified four-wheels railway vehicles having profiled wheels. Int. J of Solids and Structure, Vol. 1 (1965), 319-341.

[2] H. True, Dynamics of a rolling wheelset, Appl. Mech. Rev., Vol. 46 (1993), 438-444.

[3] J. J. Kalker, Three-dimensional Elastic Bodies in Rolling Contact, Kluwer, 1990.

[4] Yabuno, H., Okamoto, T., and Aoshima, N., Stabilization for the Hunting Motion of a Railway Wheelset, Vehicle Syst.

Dyn., Vol. 35 (2001), pp. 41-55 (Lugner, O. and Hedrick, K. (eds), ICTAM, Selected Papers from the 20th International Congress of Theoretical and Applied Mechanics).

[5] Yabuno, H, Okamoto, T., and Aoshima, N., Effect of Lateral Stiffness on Nonlinear Characteristics of Hunting Motion of a Railway Wheelset, Meccanica, Vol. 37 (2002), pp. 555-568.

[6] Molle, D. and Gasch, R.: Nonlinear Bogie Hunting. Nonlinear Bogie Hunting, Proceedings 7th IAVSD-Symposium (A. H. Wickens ed.) Swets and Zeitlinger B. V, Lisse (1982), pp 455-467.

[7] Xu, G., Troger, H., and Steindl, A.: Global Analysis of the Loss of Stability of a Special Railway Body. In W. Schiehlen, (ed), Nonlinear Dynamics in Engineering Systems, pp. 345-352, Springer-Verlag (Berlin), 1990.

[8] Lorant, G. and Stepan, R.: The Role of Non-Linearities in the Dynamics of a Single Railway Wheelset. Machine Vibration, Vol. 5 (1996), pp 18-26.

[9] Guckenheimer, J. and Homes, P.: Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields. Springer-Verlag (New York), 1983.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

ANALIZA ELEKTROMOTORNIH VOZOVA EMG DESIRO 312 I JŽ 412/416

Stojan Stefanović [1], Milica Stojičić [2]

***Rezime**: "Siemens" je novim savremenim konstruktivnim rešenjima i dizajnom predstavio EMG 312 Desiro koja pruža izuzetan komfor u prevozu putnika. Idejna rešenja ulaznih i prolaznih vrata su obezbedila sigurnost i bezbednost putnika, a njihovo korišćenje je pojednostavljeno do maksimuma. Uvođenjem kompjuterskih sistema u vozu je pojednostavilo rukovanje i upravljnje i postignuta je sigurnost tokom eksploatacije.*

Ključne reči: železnica, EMG, prevoz

1. UVOD

Savremeni tendovi prevoza putnika zahtevaju konfor, informisanost, bezbednost, brzinu previza. U radu analiziraće se dve različite generacije elektromotornih vozova (EMG DESIRO 312 i JŽ 412/416).

Klasa 312 (sl. 1) je svrstana u regionalni železnički sistem koji saobraća na relaciji Ljubljana - Maribor, Ljubljana - Jesenice, Ljubljana - Novo Mesto i Ljubljana - Divača.

Električna železnička vozila su dizajnirana na osnovu modularnog sistema sa definisanom mogućnošću povezivanja i otuda proizilazi njihova prednost u uslovima eksploatacije, pouzdanosti i sigurnosti.

Slika 1. 312 Desiro

EMG 412 (sl. 2) je namenjen prevozu putnika u prigradskom saobraćaju, kao i za podmirenje "Beovoza-a", tako da saobraća na sličnim relacijama kako po pitanju dužine prevoznog puta, tako i po broju prevezenih putnika. Pored "Beovoza-a", EMG 412 saobraća na prugama Požarevac - Smederevo - Lapovo.

Slika 2. JŽ 412

2. VUČNA OPREMA

312 Desiro:

Vučni sistem (sl. 3) je namenjen za napajanje jednosmernom strujom napona 3000 V. Sastoji se od dve zasebne i nezavisne vučne linije, u koje su uključene sledeće komponenete:

- dva pantografa,
- glavno strujno kolo,
- dva vučna sanduka.

Kroz faze projektovanja vučne opreme velika pažnja je posvećena ugradnji komponenti za koje nije potrebno održavanje, ili je potrebno neznatno održavanje i odlikuju se lakom montažom i demontažom.

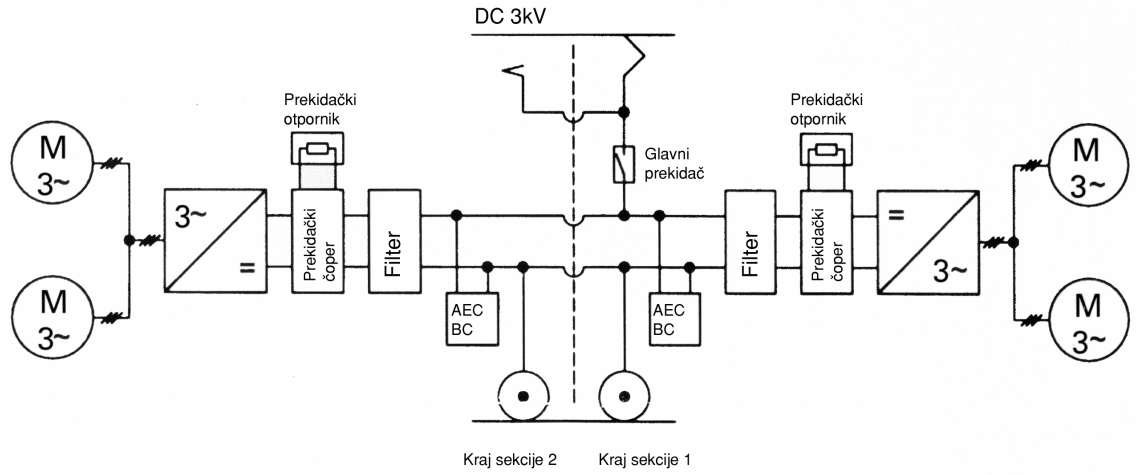
Glavni i pomoćni transformator i oprema transformatora (AEC) dobijaju električnu energiju (snagu) direktno sa kontaktne mreže.

Vazdušno hlađenje visoko voltažnog transformatora GTO, nalazi se ispod podne površine na kraju sekcije i hladi se pomoću trofaznih asinhronih motora. Vučni motori u režimu kočenja transformišu mehaničko električnu energiju (prelaze u generatorski režim rada) i istu vraćaju u kontaktnu mrežu.

Obrtni moment koji stvaraju vučni motori se prenosi preko dvostepenog prenosnika putem ozubljene spojnice. Motori koji se nalaze na obrtnom postolju su odvojeni od kolskog sloga.

Kontrola i dijagnostičke funkcije se prikazuju pomoću SiBAS 32 mikrokompjuterskog sistema. Podaci se prenose preko TCN šinom do IEC 61375. Pogonska snaga točka je regulisana da obezbeđuje najbolje vrednosti ravnomernog kontakta točak-šina čak i pri nepovoljnim tehničkim uslovima prilikom ubrzavanje i usporenja, tako da je izbegnuta pojava proklizavanja i klizanja točka.

[1] Stojan Stefanović, dipl.ing.maš., JŽTP "Beograd", Sekcija za vuču vozova i TKS Lapovo, Lava Tolstoja 10, Lapovo
[2] Milica Stojičić, dipl.ing.maš., JŽTP "Beograd", Sekcija za vuču vozova i TKS Lapovo, Lava Tolstoja 10, Lapovo, milicastojicic@yahoo.com



Slika 3. Vučni sistem voza 312 Desiro

JŽ 412:

ENG 412 se sastoji od dve jednake dvodelne sekcije, kod kojih su prva kola motorna, a druga su prikolica i koje se spajaju u garnituru zadnjim stranama prikolica. Vučni sistem se napaja naizmeničnom strujom 25000 V, 50 Hz, koja se dovodi glavnom transformatoru koji se nalazi ispod kolskog sanduka prikolica. Transformator se hladi uz pomoć transformatorskog ulja, koje se hladi u posebnom hladnjaku sastavljenom iz četiri radijatorske sekcije, postavljene na izlazu vazduha iz glavnog ispravljača. Kretanje ulja je prinudno, pumpom na elektromotroni pogon. Kontroliše se nivo nasutog ulja i njegova temperatura termometrom manometarskog tipa. Usmereni napon za napajanje vučnih motora se dovodi u motorna kola preko međukolskih utikačkih spojeva.

Obrtni moment koji stvaraju vučni motori se prenosi preko jednostepenog prenosnika putem elastične spojnice.

Kućišta vučnih motora su pričvršćena na obrtnom postolju i takođe su odvojena od kolskog sloga.

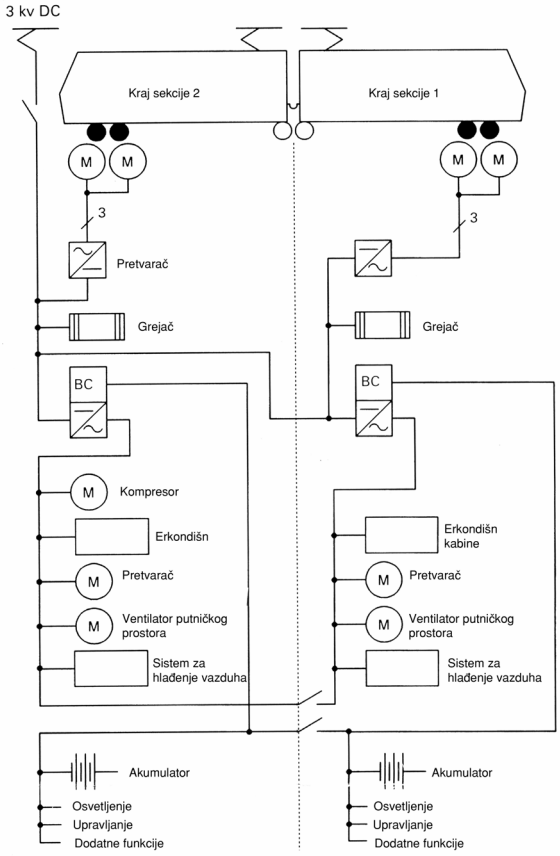
3. VOZNO NAPAJANJE

312 Desiro:

Pomoćni uređaji železničkih kola napajaju se sa dva pomoćna uređaja opremljena transformatorima (AEC), svako napajanje za jedna kola sekcije.

Svaki transformator je trofazna sabirnica i pomoću 24V punjača pune se akumulatorske baterije. Trofazni sistem za napajanje je napravljen za maksimalni napon od 400 V/50 Hz.

Svaki vučni sistem (sl. 4) je takođe opremljen sa 24DC dodatnim sistemom za napajanje, koji daje napajanje iz akumulatorske baterije u svaku sekciju kola.



Slika 4. Vozno napajanje voza 312 Desiro

JŽ 412:

Nominalna struja za napajanje pomoćnog pogona sa namotaja glavnog transformatora je napona 230 odnosno 323 V. Baterije akomulatora na EMV služe za napajanje strujnih kola upravljanja, kada ne rade stabilizatori napajanja 110 V jednosmerne struje i nominalnog su napona 112.5 V (90×1.25V) i smeštene su ispod motornih kola.

4. OPLATA KOLA

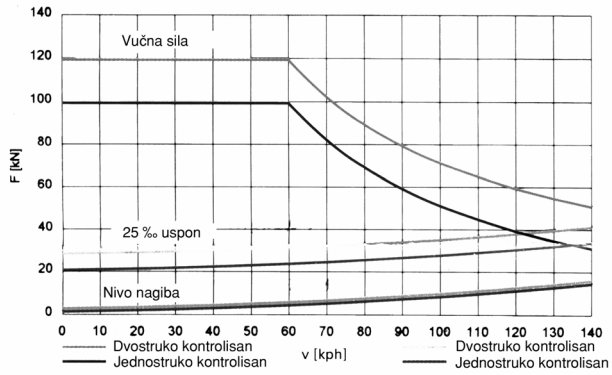
312 Desiro:

Za konstrukciju oplate kola koristi se veliki izvučeni profil od aluminijuma. Ovaj tip konstrukcije se koristi za izolaciju kod oplate kola, a naročito za zidne površine. Otpornost oplate kola prilagođava se prateći UIC specifikaciju (tehničke karakteristike). UIC 651 za vučnu jedinicu ukazuje na osovinsku aksijalnu silu vuče od 1500 kN sa vučnom silom od 1000 kN na automatskom kvačilu.

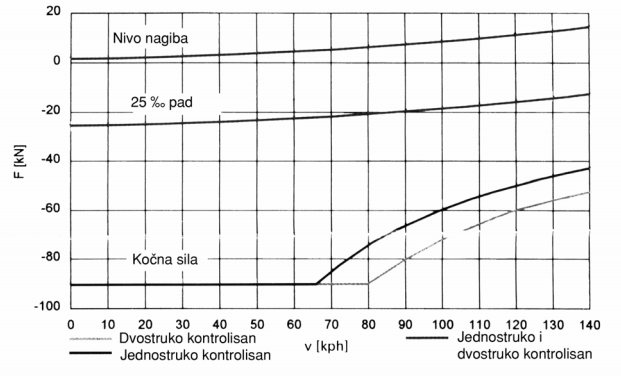
UIC 616 propisuje maksimalno ubrzanje 3g u podužnom pravcu i ne sme doći do trajne deformacije sprega kućište - obrtno postolje.

U slučaju odstupanja od UIC 516 pri maksimalnom ubrzanju od 3g u podužnom pravcu primeniće se UIC 615 EN12663 za vučne jedinice.

Glavno postolje je ojačano i napravljeno bez poprečnih greda.



Slika 5. Vučni dijagram voza 312 Desiro

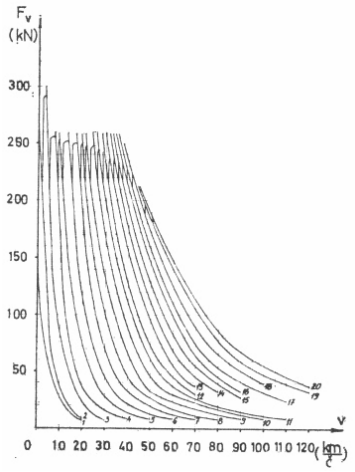


Slika 6. Kočioni dijagram voza 312 Desiro

JŽ 412:

Delovi kolskog sanduka su izrađeni od presovanih i valjanih profila, od ugljeničnih i niskolegiranih čelika i kvalitetnog ugljeničnog čeličnog lima spojenih u samonoseću konstrukciju izrađenu od uzdužnih i poprečnih elemenata. Spajanje delova je ostvareno automatskim, poluautomatskim tačkastim i ručnim električnim zavarivanjem.

Postolje kolskog sanduka je osnovni noseći element konstrukcije kola EMV, služi da nosi vertikalno opterećenje i da prima vučne, kočne i inercijalne sile, takođe je sastavljeno od podužnih, čeonih i poprečnih nosača.



Slika 7. Vučna karakteristika voza JŽ 412

5. OBRTNA POSTOLJA

312 Desiro:

Obrtna postolja poreklom iz SF500 familije za trčeću opremu, predstavlja dalji razvoj za raznovrstan aplikacioni program obrtnih postolja.

Oni obezbeđuju visoki kvalitet putovanja. Takođe, oba obrtna postolja imaju jednaku konstrukcijsku osnovu, tako da su potrebe za rezervnim delovima svedene na minimum.

Primarno ogibljenje obrtnog postolja čine čelične opruge koje su presvučene gumom radi zvučne i električne izolacije.

Električna višenamenska jedinica opremljena je sa direktnim automatskim elektropneumatskim kočionim sistemom. Oprema je takođe napravljena za kontrolu indirektnog dejstava automatske vazdušne kočnice. Na kraju, kolski slog je opremljen kočionim diskovima.

JŽ 412:

Na EMV 412 postoje dve vrste obrtnih postolja: za motorna kola i za prikolice. Suštinska razlika između ove dve vrste je u tome što su osovine motornih kola pogonske, pa se na njima nalaze vučni motori i prenosni mehanizam.

Obrtna postolja su dvoosovinska, sa dvostepenim ogibljenjem: primarnim (mazaličnim) i sekundarnim (centralnim). Ram obrtnog postolja se oslanja na osovinske sklopove preko primarnog ogibljenja.

Primarno ogibljenje sadrži: mazalicu (kućište osovinskog ležaja), komplet opruga i sklop poprečnih poluga, a na motornim kolima je postavljen i frikcioni prigušivač oscilacija. Cilj primarnog ogibljenja je smanjenje dejstva horizontalnih i vertikalnih sila nastalih u vezi točak - šina.

Sekundarno ogibljenje prenosi opterećenja na ram obrtnog postolja od kolskog sanduka. Sastoji se od: nadpružnog nosača, kompleta opruga, vučne motke i uređaja za prigušenje oscilacija. Uređaj za prigušenje oscilacija se sastoji od hidrauličnih amortizera, gumenih i metal-gumenih elemenata radi smanjenja buke i vibracija.

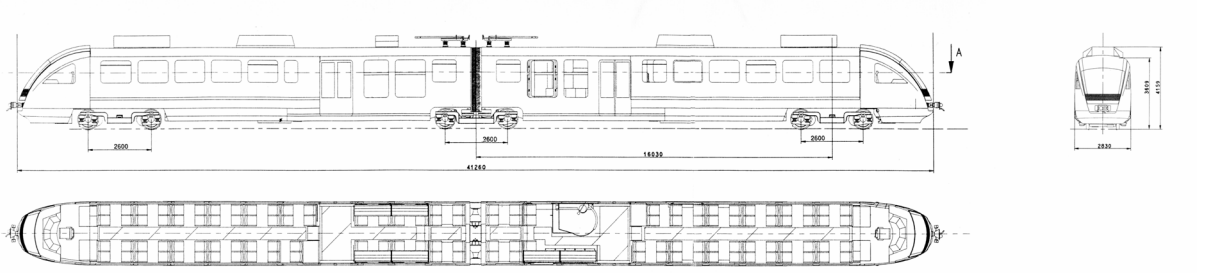
Kočenje se obavlja električnim putem ili elektropneumatskim putem, naleganjem kočionih papuča, ili stvaranjem elektromotorne sile (struje kočenja) u vučnim motorima i njenim "trošenjem" u otporničkim blokovima za električno kočenje.

6. SASTAV KOLA

312 Desiro:

Modularno vozilo je zasnovano na:

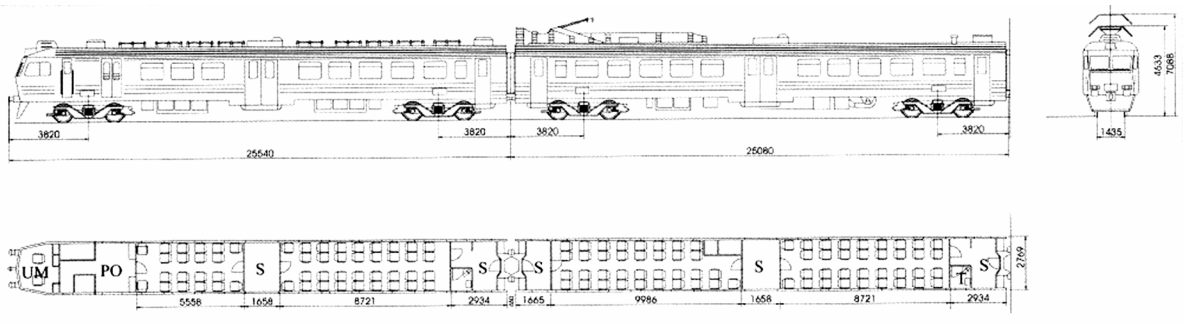
- **jednozglobna** železnička kola koja su sastavljena od dve identične sekcije čiji je dizajn oplate i forma međusobno uslovljen. Istovetni vučni sistemi su instalirani ispod poda obe sekcije, odnosno ispod visokopodnog područija, a između obrtnog postolja i ulazno-izlaznih vrata. Poprečna automatska centralna spojnica dozvoljava formiranje četiri jednozglobna železnička kola u formiranju kompozicije voza;
- **dvozglobna** železnička kola sastavljena su od istovetne dve sekcije kao i jednozglobna verzija sa nepogonskim sekcijama između njih.



Slika 8. Sastav garniture 312 Desiro

JŽ 412:

ENG 412 se sastoji od dve jednake dvodelne sekcije, kod kojih su prva kola motorna, a druga su prikolica i one se spajaju u garnituru zadnjim stranama prikolica.



Slika 9. Sastav garniture JŽ 412

7. SIGURNOST

312 Desiro:

Po pitanju zaštite osoblja i putnika voza od električne struje i bezbednog odvijanja saobraćaja "brinu" se četiri komponente:

- bezbedni pogon električnih kola,
- radio telefon RDV,
- induktivni vozni i zaštitni sistem,
- prekidač za slučaj opasnosti.

JŽ 412:

Visokonaponska oprema se nalazi ispod kola u uzemljenjim sanducima, na krovu i u ormanima. Na svim visokonaponskim sanducima i ormanima su postavljene oznake i natpisi. Ako se otvore vrata visokonaponskih ormana, spoljašnji poklopac sanduka ili ispravljačkog uređaja, pantograf iste sekcije će se automatski spustiti.

Za protivpožarnu zaštitu u agregatu za ventilaciju i grejanje postavljeni su termokontakti koji reaguju na temperaturama opasnim za nastajanje požara i isključuju kalorifere.

Takođe postoji zaštitni sistem (strujnih kola, klizanja i proklizavanja točkova).

8. UNUTRAŠNJA OPREMA

312 Desiro:

Unutrašnji dizajn je napravljen da zauzima što manje prostora, od trajnog materijala i od komponenti koje su lake za čišćenje i zamenu.

Oprema uključuje komforna dupla sedišta sa naslonima za glavu koja su podešena "licem u lice", sa obe strane prolaza. Iznad sedišta je mesto za prtljag putnika napravljen od aluminijuma i sigurnosne staklene ploče. Čiviluk i svetlosne isntalacije su ugrađene u oplatu.

Toaletni sistem je vakumskog tipa i prilagođen putnicima.

Putnički sistem može biti raznolik i klimatizovan kao vozačeva kabina.

U prateći informacioni sistem voza je uvedeno:

- 4 displeja odredišta voza,
- 2 displeja za naredno stajanje,
- digitalni obaveštajni sistem,
- po jedan telefonski sistem u svakoj sekciji za slučaj opasnosti,
- javni adresar.

JŽ 412:

U prostoru za putnike nalaze se polumeka sedišta. Za grejanje i ventilaciju voza postoje ventilaciono-zagrevni agregati i električne peći. Osvetljenje je fluorescentno. Prostor za putnike je ozvučen.

Pod je izrađen od panel ploča i šper ploča i pokriven je linoleumom. U podu postoje otvori za prilaz vodovima električne instalacije. U prostoru za putnike nalaze se jednomesna, dvomesna i četvoromesna sedišta i preklopna, pomoćna, postavljena na zidove krajnjih ulazišta i u prtljažnom odeljku.

Toalet u svim kolima ima rezervoar za vodu koji se nalazi iznad ulazišta i može se zagrevati.

U prtljažnom odeljenju nalaze se dva reda polica za smeštaj ručnog prtljaga.

9. TEHNIČKI PODACI:

	Jednozglobna (312-0)	Dvozglobna (312-1)
prva isporuka (predaja)	od 2000. god.	od 2001. god.
širina koloseka	1435 mm	1435 mm
ukupni broj sekcija žel. kola	2	3
ukupan broj sedišta	133	188
masa praznih kola	75 t	95 t
dužina žlelzničkih kola	kraj/centar 20.350 mm	20.350/15.340 mm
maksimalna snaga po točku	1650 kW	2000 kW
pogonska vučna sila	100 kN	120 kN
maksimalno ubrzanje	1.0 m/s^2	1.0 m/s^2
maksimalna brzina	140 km/h	140 km/h
raspored osovina	$B'_0(2)\ B'_0$	$B'_0(2)\ B'_0$

10. ZAKLJUČAK

Imajući u vidu godine proizvodnje pomenutih elektromotornih vozova direktno njihovo upoređivanje nije ni bio cilj ovog rada. Rad ukazuje na pravce daljeg osavremenjavanja regionalnog putničkog saobraćaja na jugoslovenskim železnicama primenom najsavremenijih tehničkih dostignuća u svetu. Zbog toga je kao primer savremenog elektromotornog voza uzet DESIRO 312, koji je u odnosu na elektromotorni voz JŽ 412/416 dvadesetak godina noviji i samim tim u njemu su primenjena sva tehnička dostignjuća razvijena u tom periodu.

Dakle, savremeni elektromotorni voz za regionalni putnički saobraćaj treba da je projektovan tako da njegovo održavanje bude svedeno na minimum ili uopšte nije potrebno. Takođe teba da se odlikuje lakom montažom i demontažom. Obrtna postolja na elektromotornom vozu treba da obezbeđuju visok kvalitet putovanja i totalnu zvučnu i električnu izolaciju. Potrebno je da se odlikuju lakom montažom i demontažom i unificiranim delovima.

Savremeni elektromotorni voz putnicima treba da obezbedi pun konfor i informisanost o dolasku voza u narednu stanicu kao i sam ulaz i izlaz invalidnim licima.

LITERATURA

[1] "Siemens AG", Transportation Systems Trains, Technical Informaton, Reg.No.58893, Germany, 2002.

[2] Zoran Milićević: Elektromotorni vozovi JŽ 412/416, Zavod za novinsko-izdavačko i propagandnu delatnost JŽ, Beograd, 1983.

THE ANALYSIS OF THE ELECTRIC MOTOR TRAINS EMG DESIRO 312 AND JŽ 412/416

Abstract: *Whit the new, modern constructive and design solution "Simens" has presented EMG 312 Desiro, wich provides exceptional confort in transportation of passengers. The design solution of the entrance and the passing doors has provided the safety and security of the maximum. By intraducing the computer systems on the train the operating and running have also been simplified and securty is achieved during exploitation.*

Key words: raliway, EMG, transportation.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04
2004

АНАЛИЗА FLEXICOIL ОГИБЉЕЊА

Топлица Голубовић [1]

Резиме *– Новији тренд развоја обртних постоља на принципима MECHATRONIC подигао је актуелност Flexicoil функције секундарног огибљења. Велика еластична бочна померања ових опруга замењују функцију вешалица и елиминишу сложен и нерационалан конструктивни склоп за примену вешалица. Класичне методе прорачуна бочне крутости опруга су изложене озбиљној критици, па су предузета фундаментална истраживања ради поставке тачније методе. У овом раду аутор излаже достигнуте резултате других аутора и даје свој допринос на даљем усавршавању.*

Кључне речи – обртно постоље, опруга, Flexicoil, бочна крутост

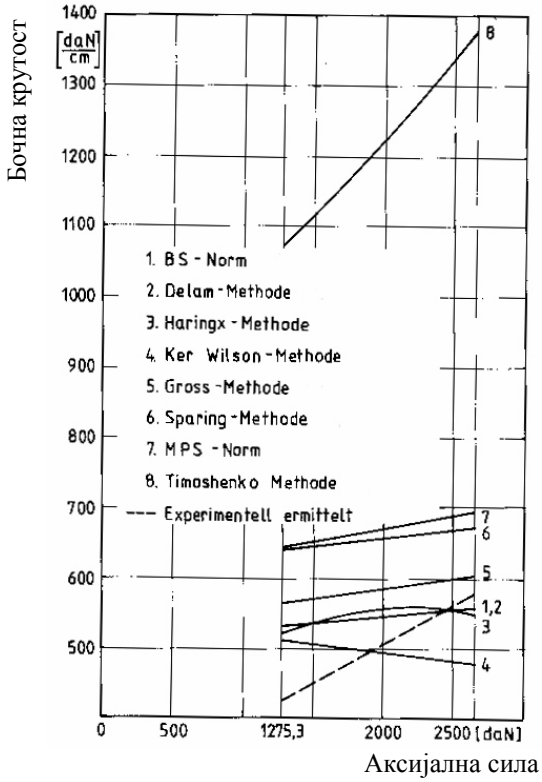
1. УВОД

Ставови о ефективности система секундарног огибљења – вешалице или *Flexicoil* – јако су поларизовани [3]. На возном парку ЈЖ *Flexicoil* огибљење је мало заступљено, па самим тим и недовољно познато у погледу конструкције, прорачуна и експлоатације. У пројектовању на принципима MECHATRONIC *Flexicoil* се фаворизује у развоју и новоградњи, па са овом проблематиком не смемо бити затечени. Од многобројних примена у нашој стручној јавности су код путничких кола добро позната обртна постоља Y32 A и FIAT Y 020 S, SIG, GANZ-MÀVAG (од 1990. Ganz Hunslet). Међутим, ово огибљење фигурише и на скоро свим обртним постољима са вешалицама или без њих у опсегу малих бочних померања, било да се ради о пројектованим или паразитним померањима. Например , на ЈЖ : обртна постоља локомотива 441, 461, 661, EMV 412/416, затим WEGMANN, MD 36, MD 52, Y25 итд. У принципу *Flexicoil* ефекат прати скоро све завојне опруге намењене само аксијалном притиску, јер се кроз такве опруге преносе косе и / или ексцентричне силе, а не чисто аксијалне .

2. НОВИЈИ РАДОВИ И ИСКУСТВА У ЊИХОВОЈ ПРИМЕНИ

Новија истраживања и научни допринос саопштени су у [1] и [2]. У [1] је развијена једна нова метода прорачуна и извршена су испитивања на савременом пробном столу (сл. 2) ради корекције прорачуна. Дат је упоредни преглед са претходним методама из чега се види знатно одступање (сл. 1). Метода прорачуна у [1] је класична, на нивоу отпорности материјала и теорије конструкција. Постављен је механички модел опруге за прорачун, формиране диференцијалне једначине, нађено решење по померањима, уведени фактори корекције на основу експеримента и приказан коначан израз за матричну крутост/флексибилност.

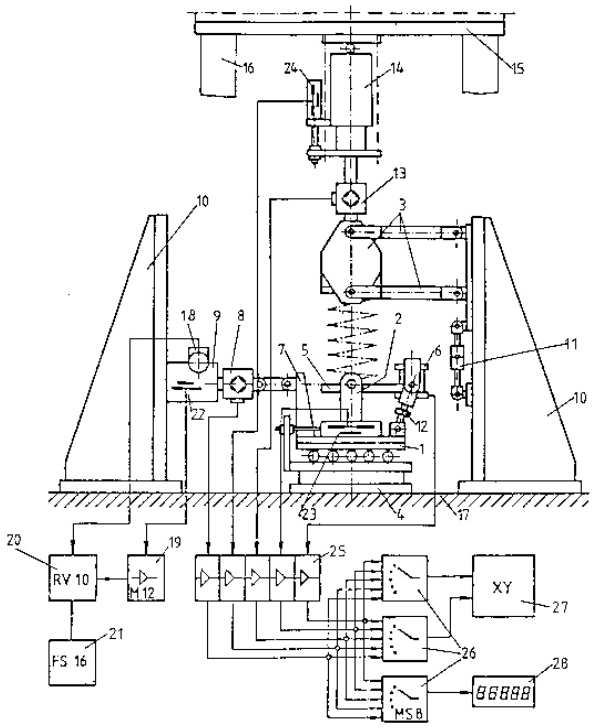
Због указане потребе на обртним постољима MD 522 аутор овог саопштења је по захтеву ЈЖ 1998.год. успешно применио нову развијену методу прорачуна према [1], али је уочио неке нејасноће и нерационалности самог поступка.



Слика 1. Поређење теоријског решења бочне крутости и савременог експерименталног решења на мерном столу према сл. 2. Слика преузета из [1]

Нејасноће се односе на примену неких статичких величина (B,S) преко којих се спирала опруге преводи у еквивалентну греду, тако да корисник нема увид у извођење тих израза.

[1] мр Топлица Голубовић, главни инжењер, ГОША Фабрика шинских возила, Смед. Паланка,
e-mail: tgolubovic@gosa-fsv.co.yu



Слика 2. Мерни сто за бочну крутост опруге
Слика преузета из [1]

Нерационалност процеса прорачуна је у томе, што се коефицијенти уз статичке величине провлаче у гломазном општем облику уз понеке помоћне трансформације, а у реалном прорачуну то су нумеричке вредности са две-три значајне цифре. Долази се до компликованих коначних израза за крутост/флексибилност, који су непрактични за употребу и анализу, уз више штампарских грешака, које се тешко уочавају.

Осим наведених недостатака уочена су још два: начин примене броја активних навоја и претпоставка да аксијална сила пролази кроз осу омотача опруге. Овај други је посебно обрађен у каснијем раду истог аутора [2].

3. ИЗВОЂЕЊЕ ИЗРАЗА ЗА УГИБ, НАГИБ И ОПТЕРЕЋЕЊЕ

Стварни облик *Flexicoil* опруге на обртном постољу приказан је на сл. 3. Он увек има превојну тачку, где је момент савијања једнак нули, па се разлаже на два дела, који су једноставнији за прорачун. Међутим, положај превојне тачке није унапред одређен, па се у општем случају полази од модела на сл. 4, који се преводи у сл. 3 променом знака спрега сила M_A.

За ознаке на сликама и уобичајене ознаке у Теорији еластичности, под претпоставком да је угао α мали, према сл. 4 важи:

$$EI_x \frac{d\alpha}{dz} = M, \qquad \gamma = \frac{F_T}{GS} \tag{1}$$

где су $I_x = I_{EKV}$ еквивалентни момент инерције, а S еквивалентна смицајна површина опруге.

Како је у неком пресеку на висини z:

$$F_T \approx F_Y + \alpha F_Z$$

$$\frac{dy}{dz} = \alpha + \gamma \approx \alpha\left(1 + \frac{F_Z}{GS}\right) + \frac{F_Y}{GS} \tag{2}$$

$$M = M_A + F_Z\left(s_Q - y\right) + F_Y\left(L - z\right),$$

са (1) настаје

$$\frac{d^2y}{dz^2} = \frac{d\alpha}{dz}\left(1 + \frac{F_Z}{GS}\right) = \frac{M}{EI_x}\left(1 + \frac{F_Z}{GS}\right)$$

$$\frac{d^2y}{dz^2} + \frac{F_Z}{EI_X}\left(1 + \frac{F_Z}{GS}\right)y =$$

$$= \frac{1}{EI_X}\left(1 + \frac{F_Z}{GS}\right)\left(M_A + F_Z s_Q + F_Y L - F_Y z\right) \tag{3}$$

$$z'' + k^2 y = az + b \tag{4}$$

где су значења k^2, a и b очигледна из (3).

Израз (3) је идентичан са изразом (9) у цитираном раду [1] уз усклађивање ознака са ISO 2162-2:1993. Међутим, у практичном раду k^2, a и b не морају бити параметри за анализу, већ нумерички познате вредности на основу улазних података.

Израз (4) је нехомогена диференцијална једначина. Њено решење је

$$y = C_1 \cos kz + C_2 \sin kz + \frac{a}{k^2}z + \frac{b}{k^2} \tag{5}$$

За контурне услове

$z = 0 \Rightarrow y = 0$, $\qquad y' = \gamma$

следи

$$C_1 = -\frac{b}{k^2}, \quad C_2 = \frac{F_Y}{kF_Z}\left(1 + \frac{F_Z}{GS}\right),$$

па се израз (5) може написати једноставно као:

$$y = C_1 \cos kz + C_2 \sin kz + Az + B \tag{6}$$

где су C_1, C_2, A и B израчунате нумеричке константе.

Извод (6) по z је:

$$y' = -kC_1 \sin kz + C_2 k \cos kz - \frac{F_Y}{F_Z} \tag{7}$$

а нагиб горње ослоне површине α добија се из имплицитне једначине (2).

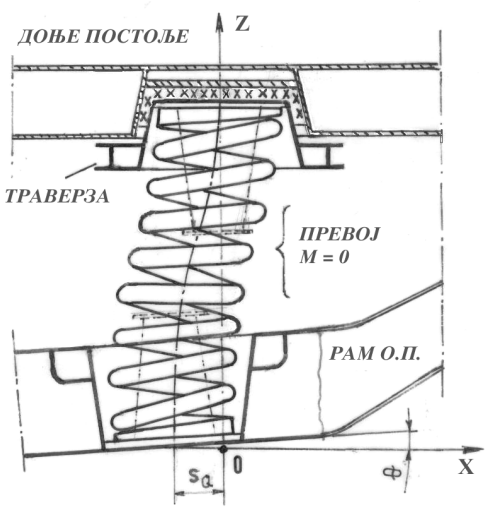
Величине y, y' и α су функције оптерећења F_Z, F_Y и M_A, па се могу одредити за дате улазне податке о опрузи.

Међутим, у пракси је редован случај да су познати сила F_Z, померања s, s_Q и нагиб α_A, а траже се F_Y и M_A.

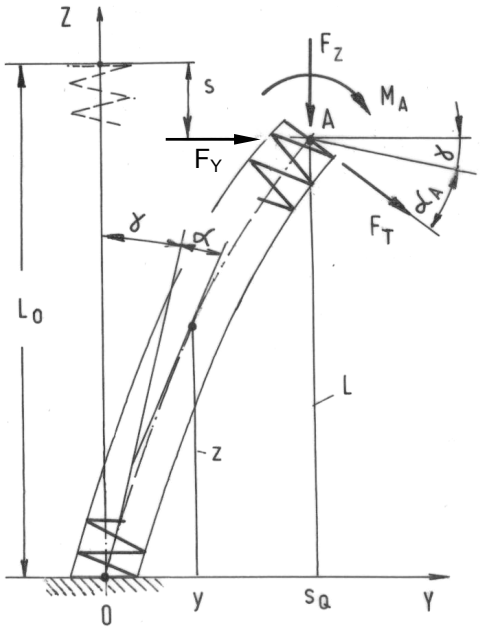
Приликом решавања F_Y и M_A из (6) и (7) потребно је да се успостави форма

$$F_Y = a_{11}s_Q + a_{12}\alpha_A$$
$$M_A = a_{21}s_Q + a_{22}\alpha_A \tag{8}$$

где a_{ij} (i,j=1,2) следе из тока нумеричког прорачуна.



Слика 3. Стварни облик Flexicoil опруге под оптерећењем. Шематски приказ секундарне опруге на о.п. Y 32 у кривини



Слика 4. Модел Flexicoil опруге за прорачун

Наиме, у изворном раду [1] је констатовано да су коефицијенти a_{ij} сувише велики код мале аксијалне силе F_Z, а сувише мали код велике F_Z. Фактор корекције k_{ij} зависи од релативног угиба $\xi = s / L_0$, а експериментално је утврђено најбоље слагање са a_{11} при $\xi = 0{,}167$, са a_{12}= a_{21} при $\xi = 0{,}25$ и са a_{22} при $\xi = 0{,}365$. Зависност је приближно линеарна, па су фактори корекције $k_{ij}(\xi)$ нормирани према (9)

$$\begin{aligned} k_{11}(\xi) &= 1{,}9619\xi + 0{,}6740 \\ k_{12}(\xi) &= k_{21}(\xi) = 1{,}3822\xi + 0{,}6513 \\ k_{22}(\xi) &= 0{,}8945\xi + 0{,}6690 \end{aligned} \qquad (9)$$

Сменом: $A_{11} = a_{11} \cdot k_{11}(\xi)$

$A_{12} = A_{21} = a_{12} \cdot k_{12}(\xi)$

$A_{22} = a_{22} \cdot k_{22}(\xi)$

теоријско решење (8) се коригује резултатима експеримента и гласи:

$$\begin{aligned} F_Y &= A_{11} s_Q + A_{21} \alpha_A \\ M_A &= A_{21} s_Q + A_{22} \alpha_A \end{aligned} \qquad (10)$$

где су A_{ij} $(i,j=1,2)$ срачунати, а s_Q и α_A (сл. 4) унапред дати.

Изложена интерпретација прорачуна је знатно краћа и прегледнија од изворне у раду [1].

4. О НЕСЛАГАЊУ ТЕОРИЈЕ И ЕКСПЕРИМЕНТА

Разлози за неслагање теоријског решења (8) и експерименталних истраживања у [1] нису анализирани, иако је коришћена побољшана теорија прорачуна. Може се основано претпоставити да су у питању два следећа разлога:

а) иако побољшана, примењена теорија прорачуна има извесних недостатака са становишта теорије еластичности,

b) није вођено рачуна о томе, да опруга прихвата аксијалну централну силу F_Z само у специјалним конструктивним решењима, каквих ретко има у огибљењу шинских возила.

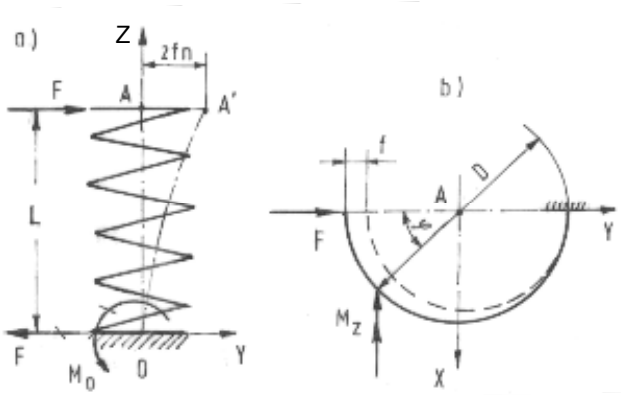
5. ИЗВОЂЕЊЕ ИЗРАЗА ЗА I_x И S

У разматраном проблему код опруге са *Flexicoil* функцијом крутост се не може изразити једним податком, као нпр. $R_Q = F_Q / s_Q$ у DIN 2089 T.1:1984.

Овде је то матрица крутости са елементима a_{ij} $(i,j=1,2)$ у изразу (8), а у њима, као природни чиниоци крутости фигуришу еквивалентни момент инерције I_X и еквивалентна смицајна површина пресека шипке S.

5.1 Савијање опруге бочном силом *F* у равни YZ

На сл. 5 са f је означен угиб једне полутке навоја приказаног на сл. 5 (b), а са n број навоја, који је активан при савијању у равни YZ. Ток прорачуна се одвија са ознакама и обрасцима Отпорности материјала



Сл.5. Модел за прорачун опруге на савијање силом у равни YZ

Момент савијања у равни YZ на висини z је:

$$M_z = \frac{FL\varphi}{2n\pi}$$

Даље је:

$$M_f = M_z \sin\varphi = \frac{FL\varphi}{2n\pi}\sin\varphi$$

$$M_t = M_z \cos\varphi = \frac{FL\varphi}{2n\pi}\cos\varphi$$

$$\frac{1}{2}F\cdot 2fn = \frac{1}{2}\int_V \sigma\varepsilon dV + \frac{1}{2}\int_V \tau\gamma dV =$$

$$= \frac{1}{2}\int_0^{2\pi n}\left(\frac{{M_f}^2}{EI_\eta} + \frac{{M_t}^2}{GI_0}\right)\frac{D}{2}d\varphi$$

За коначно решење по $2fn$ се добија:

$$2fn \approx F\frac{L^2 D\pi n(2+\mu)}{6EI_\eta} \qquad (11)$$

Грешка занемаривања је пар промила!

У горњем изразу $I_\eta = \frac{d^4\pi}{64}$ је аксијални, а $I_0 = 2I_\eta$ поларни момент инерције пресека шипке. Зато је $EI_\eta / GI_0 = 1+\mu$.

Претпоставимо да је опруга конзола са истом крутошћу при савијању силом *F* у равни YZ. Тада је

$$F\frac{L^2 D\pi n(2+\mu)}{6EI_\eta} = F\frac{L^3}{3EI_{EKV}}$$

$$I_{EKV} \equiv I_X = \frac{2LI_\eta}{\pi Dn(2+\mu)} \qquad (12)$$

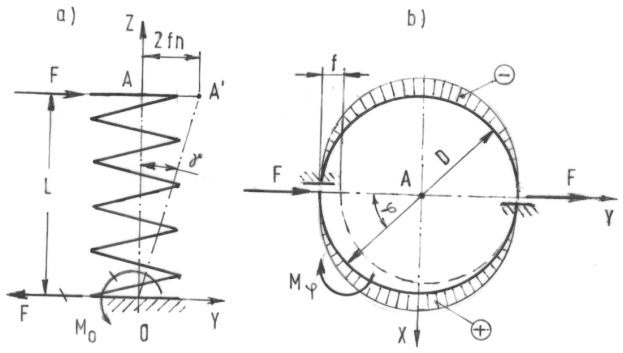
Овај израз се добија и у случају када уместо силе *F* делује спрег сила *M*.

5.2 Савијање опруге бочном силом *F* у равни XY

На сличан начин поставља се и решава проблем савијања опруге силом *F* у равни XY, а то је заправо по дефиницији смицање опруге.

На сл. 6 M_φ је момент савијања за угао φ рачунат од правца увођења силе, а *f* је у овом случају смицајно померање на једној полутки услед M_φ. Смицајно померање опруге $2fn$ услед смицања на пресеку шипке $d^2\pi/4$ се занемарује због њеног облика.

Овде је M_φ исти у свим навојима. Једна полутка навоја се сужава (притисак на унутрашњој страни шипке), а друга се шири.



Сл.6. Модел за прорачун опруге на савијање силом у равни XY

$$M_\varphi = F\frac{D}{2}\sin\varphi$$

$$\frac{1}{2}F\cdot 2fn = \frac{1}{2}\int_V \sigma\varepsilon dV = \frac{1}{2}\int_0^{2\pi n}\frac{{M_\varphi}^2}{EI_\eta}\frac{D}{2}d\varphi$$

За коначно решење по $2fn$ се добија

$$2fn = \frac{8FD^3 n}{2(1+\mu)Gd^4} = \frac{F}{2(1+\mu)}\cdot\frac{1}{R} \qquad (13)$$

где је $R = \frac{Gd^4}{8D^3 n}$ крутост опруге под претпоставком да је број активних навоја при увијању једнак броју активних навоја у овом проблему.

$$\gamma \approx \frac{F_T}{GS} = \frac{2fn}{L}$$

За теорију првог реда $F_T = F$ следи:

$$S = \frac{(1+\mu)d^4 L}{4D^3 n} \qquad (14)$$

5.3 Дискусија о анализама у тачкама 5.1 и 5.2

У тачкама 5.1 и 5.2 примењена је метода енергије за одређивање угиба конзоле на слободном крају, при чему је конзола спиралног облика. Из израза за угиб $2fn$ (11) и (13) изведени су изрази за I_{EKV} и *S*. Метода енергије, примењена у варијанти комплементарног виртуелног рада, односно јединичног оптерећења, алтернативна је методи диференцијалних једначина и представља директну методу за одређивање угиба и нагиба носеће структуре под датим оптерећењем. У случајевима појединачних оптерећења она је проблемски усмерена и практична. Овом методом се за дата оптерећења F_Z, F_Y и M_A могу наћи угиби и нагиби на слободном крају и из тога одредити коефицијенти крутости a_{11}, a_{12}=a_{21} и a_{22} у (8). Свакако је бржи поступак ако се прво нађу I_{EKV} и *S*, јер се тако проблем своди на елементаран случај обичне конзоле.

Резултати анализе у тачкама 5.1 и 5.2 у погледу I_{EKV} и *S* слажу се са [1]. Међутим, приказани поступак у тачкама 5.1 и 5.2 отвара дискусију. Пре свега, уочава се да је за спиралну шипку опруге коришћена симетрична расподела напона σ и τ по пресеку као код праволинијског вратила. Та расподела није симетрична, напони су знатно већи на унутрашњој страни кривине, али то незнатно утиче на угиб. Решење проблема расподеле напона по пресеку шипке код опруга приписује се GÖHNER-у, али његови изворни радови су данас тешко доступни (1932.год.), па се овде цитирају по ономе како су пренети у новијим изворима [5]. Коначна решења GÖHNER-а су заступљена у DIN-нормама и другој стручној литератури.

Утицај несиметричне расподеле напона по пресеку на угиб обрађен је у [6].

Термин "број активних навоја *n*" је погодан у конструктивној документацији опруге, али са употребом у прорачуну треба бити крајње опрезан, и о томе ће у тачки 6 бити посвећено више пажње. Код вертикалног угиба у активне навоје *n* улазе сви

покретни (угибни) навоји и делови пуне шипке, који нису угибни, али ипак учествују у укупном угибу опруге. Код бочне силе угиб зависи од места увођења силе. Наиме, почетак (завршетак) шипке на подлози (~1/4 пречника шипке), појас брушене површине (~270°) и почетак пуне шипке су утврђени у цртежима уградње опруге, али бочна сила у вожњи стално мења правац. Координатни систем на опрузи је локалан, везан за правац силе, али се почетак активног навоја (почетак пуног пресека шипке) у општем случају не поклапа са местом увођења бочне силе или спрега сила и то се одражава на укупан угиб, односно нагиб.

Најзад, остаје отворено питање како израчунати вертикални угиб *s* при реализованом бочном угибу s_Q? Ту није проблем само у геометрији модела опруге, већ знатно више у томе што и код вертикалних опруга сила не делује кроз њену осу као F_Z, већ има кос и ексцентричан правац.

6. О ДЕФИНИЦИЈИ АКТИВНИХ НАВОЈА ПРИТИСНУТЕ ОПРУГЕ

На основу увида у многобројну литературу теоријског и практичног садржаја може се закључити да недостаје јасна дефиниција: шта је то активан навој? Сумњу изазива и терминологија: на српском активан, али такође угибни навој, на немачком wirksam и federnd. Покажимо ово на примеру. Опруге за шинска возила су обликоване на топло, бар оне изнад d=17mm, и између почетка (завршетка) стањеног дела шипке на подлози (~d/4) и првог суседног навоја изнад (или испод) постоји зазор око 2-5mm [4,5]. Због тога је код неоптерећене опруге непокретан (ослоњен на подлогу) ¾ навоја (DIN 2096.T1; 1981), али се већ пре радног оптерећења зазор затвара, па је непокретан цео навој. У DIN 2089.T1; 1984 утврђена је разлика укупних и активних навоја 1,5, па произилази да активан може бити и непокретан део навоја. Прорачун спорног прелазног дела навоја AB према сл. 7 приказан је како следи.

Ако на опругу делује само централна сила *F*, као резултанта напона на ослоној површини она се кроз шипку преноси као трансверзална сила F_T и спрег $F{\cdot}D/2$ у сваком пуном пресеку. У тачки *A* у додиру делује унутрашња сила $F_A=cF$, па трансверзална сила на луку $A\breve{B}$ износи $F_T=(1-c)F$. За анализу је неопходна претпоставка да је пресек *B* фиксиран.

Под дејством активне силе *F* и реакције *cF* на $A\breve{B}$ важи:

$$M_f = cF\frac{D}{2}\sin\varphi$$

$$M_t = F\frac{D}{2}\left[c(1-\cos\varphi)-1\right] \qquad (15)$$

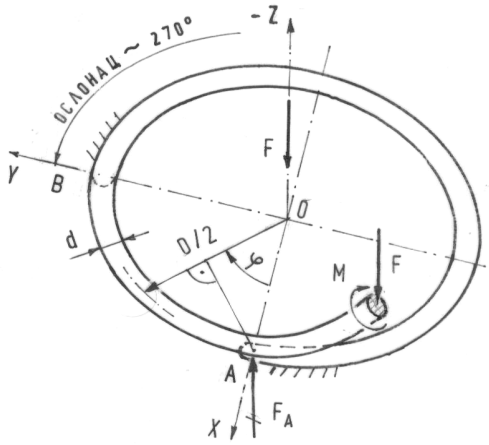
Код опруге угиб *f* се рачуна за нападну тачку силе *F*. На луку $A\breve{B}$ реализује се :

$$f_{A\breve{B}} = \frac{1}{GI_0}\int_0^{\pi/2} M_t M_1 \frac{D}{2}\,d\varphi \qquad (16)$$

где је M_t из (15) а $M_1=-1\frac{D}{2}$ момент увијања услед јединичне фиктивне силе кроз осу *Z*.

Решење за $f_{A\breve{B}}$ је

$$f_{A\breve{B}} = \frac{F\pi D^3}{16GI_0}\left[1-c\left(1-\frac{2}{\pi}\right)\right] \qquad (17)$$



Сл. 7. Слика за прорачун прелазног дела навоја AB

За одређивање *c* треба поставити услов да је угиб f_A=0. Увођењем фиктивне јединичне силе у *A* са смером на горе момент од ње је

$$M_f^1 = 1\cdot\frac{D}{2}\sin\varphi \qquad M_t^1 = 1\cdot\frac{D}{2}(1-\cos\varphi) \qquad (18)$$

а момент од стварног оптерећења *F* је као (15)

$$f_A = 0 = \frac{1}{EI_X}\int_0^{2\pi} M_f M_f{}^1 \frac{D}{2}\,d\varphi + \frac{1}{GI_0}\int_0^{2\pi} M_t M_t{}^1 \frac{D}{2}\,d\varphi$$

За однос $EI_x/GI_0=1+\mu$ добија се $c=0{,}5972$ па се за (17) добија

$$f_{A\breve{B}} = 0{,}789\frac{F\pi D^3}{16GI_0} \qquad (19)$$

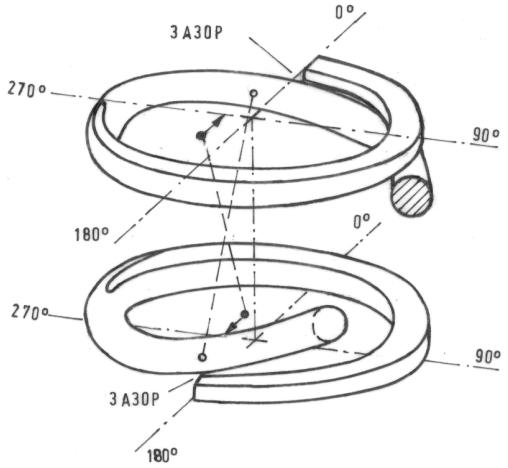
Ако нема додира у тачки *A*, онда је то ¼ активног угибног навоја. Стављањем c=0 у (17), или коришћењем познатих израза у прорачуну опруге, уместо 0,789 долази 1.

Посебном анализом се може обухватити и угиб услед смицања пресека шипке. Стога се стандардни изрази за карактеристике опруге и неки типизирани обрасци могу прихватити само као приближни.

7. ПРАВАЦ СИЛЕ ПРИТИСНУТЕ ОПРУГЕ

Најзначајнији стандард за прорачун и конструкцију цилиндричних завојних опруга био је DIN 2089 T.1:1984 (замењен са EN 13 906-1:2002). Најважнији услов за његову примену је да резултујућа сила притиска пролази кроз осу омотача опруге, тј. да она буде аксијална и централна. Такво оптерећење се уопште не уводи код опруга на обртним постољима железничких возила ни на пробном столу, а још мање у реалним условима. Уведено реално оптерећење је нека коса и/или ексцентрична сила, што се своди на еквивалентни систем: централна аксијална сила + бочна сила + спрег сила.

Из овог произилази да опруга има бочна оптерећења и бочне угибе и када је намењена само притиску. Модел за објашњење дејства резултанте приказан је на сл. 8 (преузето из [4]). При паралелном притиску преко ослоних површина резултанта стартује у црним тачкама, које се при повећању оптерећења померају ка кружићима. При постизању радне силе зазори изнад почетака стањене шипке су ишчезли. Нападне тачке су помакнуте од централне осе ка додирима прелазних делова навоја и угибних. Конфигурација навоја, напони у њима и угиби дати су у [4].



Сл.8. Увођење сила у опругу израђену по DIN-нормама при аксијалном померању ослоних површина

- *резултујућа тачка силе при зазору на крајњем навоју*
- ⟶ *смер померања резултујуће тачке после додира на крајњем навоју*
- ° *резултујућа тачка силе када она буде већа од двоструког оптерећења при додиру крајњег навоја*

У теорији еластичности је познато да положај, односно померања тачака еластичног тела и напонско стање зависе од контурних услова и геометрије тога тела, па су према томе, практично неупотребљиви подаци без дефиниције контурних услова на ослоним површинама. На пример, у [2] је дата веома важна информација о распореду оптерећења на једној површини опруге, али није описано уведено стање оптерећења и померања на другој.

8. ЗАКЉУЧАК

Опруге са *Flexicoil* ефектом су мултифункционалне и испуњавају извесне услове за интегрисано пројектовање огибљења на обртним постољима шинских возила. Сумирајући теоријска знања о прорачуну ових опруга и имајући у виду њихово понашање у експлоатацији може се закључити да још није достигнут неки стандардни ниво као код опруга са основним вертикалним угибом. Због тога у прорачуну и конструкцији ових опруга треба рачунати на знатне разлике у приступу.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Krettek, O. u. Sobczak, M.: *Zur Berechnung der Quer – und Biegekennung von Schraubenfedern für Schienenfahrzeuge.* ZEV Glas. Ann. 112 (1988) Nr. 9

[2] Krettek, O.: *Zur Problematik der Fluchtabweichung von Flexicoilfedern unter last.* ZEV+DET Glas. Ann. 121 (1997) Nr.9

[3] v. Madeyski, Th.: *Überlegungen zur Weiterentwicklung von Reisezugwagen-Drehgestellen für hohe Geschwindigkeiten*, ZEV-Glas. Ann. 104 (1980 Nr.2

[4] Rose, R.D.: *Ergebnise von Untersuchungen an in Richtung der Federachse und quer dazu belasteten, zylindrischen Schrauben federn.* Glas. Ann. 95 (1971) Nr. 1

[5] *Technische Daten Fahrzeugfedern.* Teil 1: Drehfedern. Stahlwerke Brünninghaus GmbH Werk Werdohl 1973

[6] Timoshenko, S.P. a. Goodier, J.N.: *Theory of Elasticity.* Third Edition. Mc Grow Hill Kogakusha, Ltd 1970

ANALYSIS OF FLEXICOIL SUSPENSION

Toplica Golubović

Abstract *– The recent trend in development of bogies on the principles of MECHATRONIC has increased substantiality of Flexicoil function of secondary suspension. Large lateral elastic movement of these springs replacse function of hanger and eliminatse complex and unreasonable assembly for use of hangers. Classic methods of calculation of lateral spring rigidity are exposed to serious criticism and fundamental surveys are undertaken to establish a more accurate method. In this paper the author presents results obtained by other authors and offers his contribution for further improvement.*

Key words – bogies, spring, Flexicoil, lateral rigidity

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

ANALIZA RIZIKA OD ISKLIZNUĆA NA PRUGAMA JŽ SA ASPEKTA UPOTREBE P KOČNICE NA TERETNIM VOZOVIMA

Marija Vukšić [1], Zoran Petković [2]

Rezime *- Usklađujući saobraćajne propise na JŽ sa onima u Evropi, usvojeni su propisi o upotrebi P kočnice na teretnim vozovima kao osnovnog režima kočenja na prugama JŽ. UIC je ove izmene detaljno analizrao uzimajući u obzir skraćenje zaustavnog puta i smanjuje mogućnosti sudara i sa druge strane povećanje mogućnosti iskliznuća usled visokih uzdužnih dinamičkih sila. Cilj ovog rada je da sprovedenu analizu rizika od iskliznuća P kočenih teretnih vozova, od strane ERRI-a, uporedi sa uslovima u domaćem železničkom saobraćaju i da pokaže koliko se dobijeni rezultati mogu primeniti na JŽ, kao i kako promena režima kočenja utiče na bezbednost saobraćaja.*

Ključne reči - iskliznuće, uzdužne dinamičke sile, kočenje, bezbednost, železnica

1. UVOD

Prema uputstvu 233 [4] teretni vozovi na prugama JŽ koče kočnicama P, dok teretni vozovi u međunarodnom saobraćaju mogu biti kočeni kočnicama P ili G (na osnovu bi- ili multilateralnih sporazuma). Prema dopunama uputstva 233 od 2002. godine, teretni vozovi u unutrašnjem saobraćaju se samo izuzetno koče kočnicama G, za razliku od prethodnog perioda kada je bilo propisano da obični teretni vozovi koče kočnicom G. To znači da danas teretni vozovi kočeni kočnicama P moraju da obezbede minimalni procenat kočenja vozne garniture (bez radne lokomotive) od 65% za maksimakne brzine od 100 km/h i dužine ≤ 500 m.

Međunarodna železnička unija (UIC) je izmene režima kočenja, `90-ih godina, potkrepila detaljnom analizom izvršenom u okviru istraživanja Međunarodnog instituta za železnicu (ERRI). Razmatranje eventualnih problema pri povećanju brzine za međunarodne teretne vozove na 100 km/h, što je za predsignalna rastojanja od 1000 m, podrazumevalo primenu režima kočenja P, potkrepljeno je teorijski i ispitivanjima [2] i [3]. Jasno je bilo da će iz bezbedonosnih razloga morati da se postave neka ograničenja sa aspekta maksimalne mase i dužine vozova.

Prvobitno predložene kombinacija režima kočenja u pojedinim slučajevima opasnosti, pri brzom i prinudnom kočenju iz malih brzina, nisu isključile pojavu prekoračenja dozvoljenih uzdužnih dinamičkih sila (posebno kod praznih 2-osovinskih teretnih kola) pri nepovoljnoj geometriji koloseka. Stoga je izvršena analiza sigurnosti teretnih vozova, u režimu kočenja P, dužine do 700 m sa različitim masama voza, i upoređivanje posmatranog rizika od iskliznuća usled velikih uzdužnih dinamičkih sila u vozu sa rizikom od iskliznuća usled drugih faktora. Kako su parametari iskliznuća slučajne funkcije nije moguće tačno predvideti iskliznuće određenog vozila u određenoj geometriji koloseka. Stoga rizik iskliznuća predstavlja verovatnoću za posmatranu prugu.

2. TEORIJSKA VEROVATNOĆA ISKLIZNUĆA

Verovatnoće iskliznuća [2] i [3] određene su na osnovu verovatnoće događaja u okviru simulacije, pri kojoj se simulira predviđena raspodela učestanosti svih poznatih veličina. Raspodela učestanosti je kontinualna (npr. Weibull-ova raspodela mase voza) i diskretna. Simulacija je vršena na modelu teretnog voza i modelu pruge. Model teretnog voza daje moguće iskliznuće praznih ili malo natovarenih 2-osovinskih kola između 2 natovarena, pri prolasku kroz S-krivinu pod uticajem uzdužnih dinamičkih sila, koje se javljaju pri brzom kočenju iz malih brzina. Verovatnoća iskliznuća ovog modela se određuje tako što se proverava da li na 2-osovinskim kolima dolazi do prekoračenja bar jedne od 4 graničnih vrednosti iskliznuća. Odziv po pojavi takvog kritičnog niza kola je deo osnovnog modela, koji je uključen u stohastičkoj simulaciji sastavljanja voza od radnog parka teretnih kola. U modelu pruge su rezultati modela teretnog voza povezani sa parametrima pruge i eksploatacije radi dobijanja ukupne verovatnoće iskliznuća, koja je data iz učestanosti istovremene pojave kritičnih uslova.

2.1. Model teretnog voza

Parametri ovog modela su:

- **Park teretnih kola** - Osnova za istraživanja verovatnoće iskliznuća je bilo sastavljanje parka teretnih kola evropskih železnica (ca. 700 000 teretnih kola) na osnovu sprovedenog istraživanja [2].
- **Udeo serije kola na radni park** - Uzimajući u obzir da se svi tipovi postojećih kola u inventarskom parku ne koriste podjednako često u eksploataciji, inventaski park je korigovan tako da uzme u obzir udeo serije kola na radni park.
- **Stanje natovarenosti kola** - Podaci evropskih železnica o saobraćanju delimično praznih i malo natovarenih kola (masa tereta ≤ 4 t) u vozovima pokazuju veliko rasipanje, tako da se razlikuju dve koncepcije saobraćaja: jedna sa velikim udelom

[1] mr Marija Vukšić, dipl.maš.inž., Institut "Kirilo Savić", Vojvode Stepe 51, Beograd, e-mail: vumarija@eunet.yu
[2] Zoran Petković, dipl.saob.inž., ŽTP "Beograd", Nemanjina 6, Beograd, e-mail: goranpet74@ptt.yu

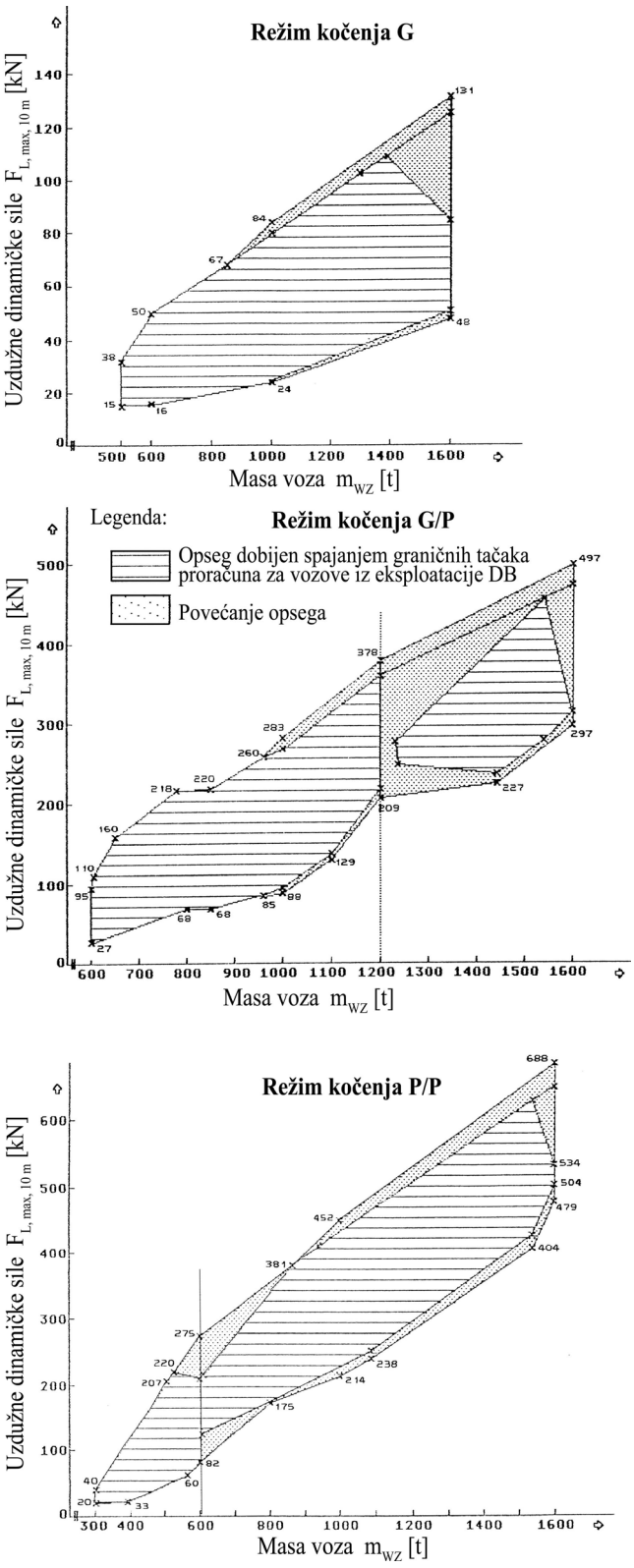
praznih kola (koje reprezentuje DB sa 45% praznih kola) i drugu sa malim udelom praznih kola (koje reprezentuje ÖBB sa 30% praznih kola).

- **Raspodela mase voza** - Srednja vrednost mase voza evropskih železnica je sa 680 t u 1986. godini porasla na 920 t u 1990. godini, pa su prvobitne krive raspodele prilagođene aktuelnim srednjim vrednostima i maksimalnim masama voza od 1600 t.
- **Kombinacije mase voza sa režimima kočenja** - Predloženo je 8 sistematizovanih varijanti za određivanje teorijske verovatnoće [2] i [3]. Pregled svih istraživanih varijanti kombinacije mase voza sa režimima kočenja pokazan je u tabeli 8, pri čemu je varijanta G teorijska simulacija eksploatacije kod železnica, koje ne primenjuju režim kočenja P kao osnovni.
- **Uzdužne dinamičke sile u vozovima** - Pri brzom i prinudnom kočenju iz 30 km/h pojavljuju se maksimalne uzdužne dinamičke sile (dejstvo najmanje preko 10 m) u zavisnosti od mase voza i režima kočenja (slika 1).
- **Zavisnost uzdužnih dinamičkih sila od položaja mesta zakvačivanja u vozu** - Maksimalne uzdužne dinamičke sile javljaju se samo na određenim mestima zakvačivanja, koji nisu konstantni u celom vozu. Raspodela maksimalnih uzdužnih dinamičkih sila prema mestu kvačenja u vozu je sledeća:
  - na 42% mesta kvačenja uzdužne dinamičke sile iznose 76 ÷ 100 % od maksimalne vrednosti,
  - na 20% mesta kvačenja iznose 51 ÷ 75 %
  - na 16% mesta kvačenja iznose 26 ÷ 50 % i
  - na 22% mesta kvačenja iznose do 25 %.
- **Kritične geometrije koloseka -** Kritične geometrije koloseka su S-krivine sa radijusom ≤ 300 m i međupravcem ≤ 6 m.
- **Kriterijumi iskliznuća -** Svako prekoračenje najmanje jedne granične vrednosti uzima se kao moguće iskliznuće, iako ono u praksi ne mora neizbežno dovesti do iskliznuća. Velike uzdužne dinamičke sile (400 kN pri S – krivini sa R = 190 m i 500 kN pri S – krivini sa R = 300 m) su usvojene kao granične vrednosti, za koje je uzimano da je verovatnoća iskliznuća za kritična kola jednaka 1.

2.2. Model pruge

Parametri modela pruge su:

- **Vučna snaga u saobraćaju –** Po podacima evropskih železnica za teretne vozove u 1990. godini vučna snaga je iznosila ca. $427 \cdot 10^6$ voz-km.
- **Broj brzih i prinudnih kočenja -** Obuhvaćena su sva kočenja iz brzina ≤ 40 km/h, usled dejstva mašinovođe, sigurnosnog uređaja voza ili pri raskidanju voza. Podaci železnica su se znatno razlikovali što može biti posledica različitih načina određivanja i različitog tehničkog stanja opremljenosti kod pojedinih železnica. Za proračun su usvojene sledeće vrednosti:
  - najpovoljnija vrednost 8,5 kočenja po 10^6 voz-km,
  - srednja vrednost 69,2 kočenja po 10^6 voz-km,
  - najnepovoljnija vrednost 150 kočenja po 10^6 voz-km.



Slika 1. Uzdužne dinamičke sile

- **Udeo radijusa na ukupan broj S-krivina -** Na osnovu velikog broja skretnica sa radijusom ≤ 300 m na železnicama svi dobijeni podaci sa železnica su sistematizovani u dve osnovne grupe R = 190 m i R = 300 m. Prema tome procenat S-krivina sa R = 190 m u odnosu na ukupan broj S krivina iznosi:

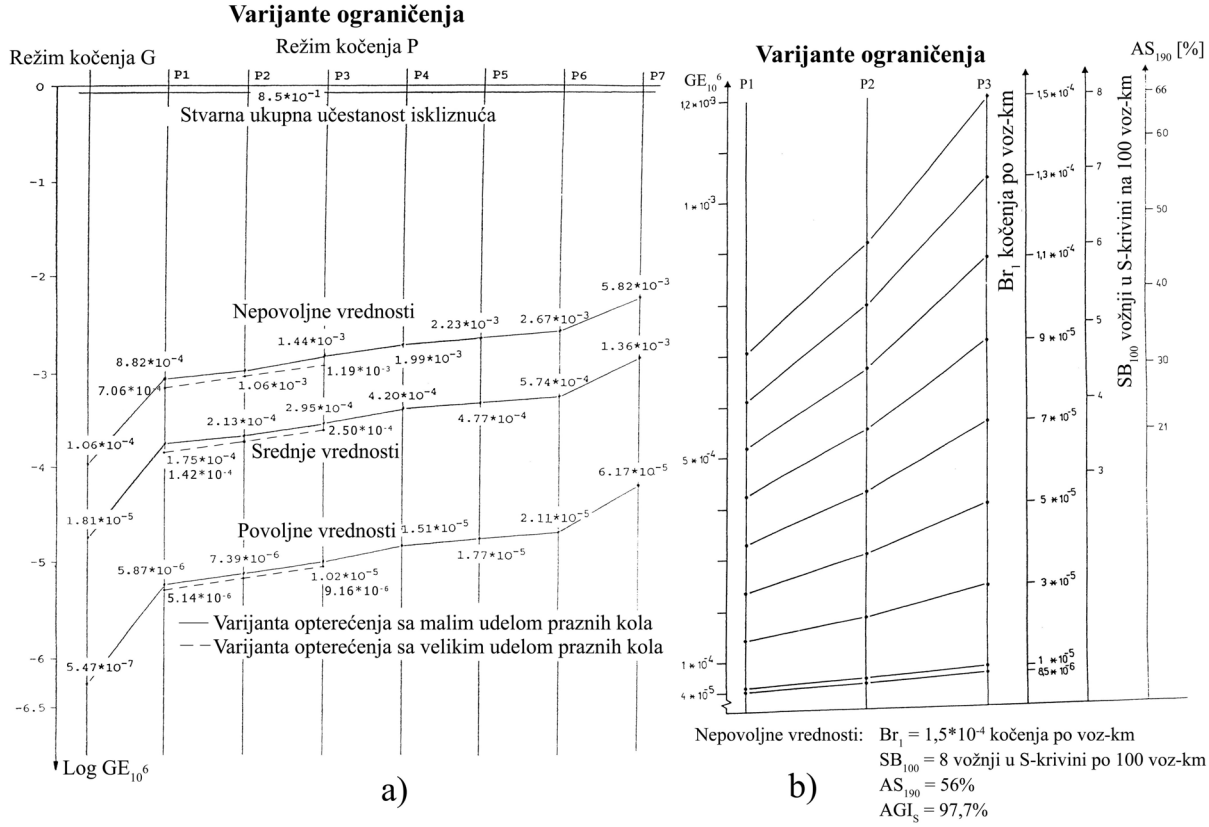
Tabela 1. Verovatnoće iskliznuća za srednju masu voza 680 t

R [m]		Podloa koloseka	Varijante sistematizacije po oblastima mase voza i režimima kočenja							
			0÷600 t, P/P	601÷800 t, G/P	801÷1000 t, G/P	1001÷1200 t, G/P	801÷1000 t, LL	1001÷1200 t, LL	1201÷1400 t, LL	1401÷1600 t, LL
Veliki udeo praznih kola	190	s	$1\cdot10^{-2}$	$2\cdot10^{-2}$	$4{,}83\cdot10^{-2}$	$7{,}67\cdot10^{-2}$	$1\cdot10^{-2}$	$1{,}17\cdot10^{-2}$	$3{,}33\cdot10^{-2}$	$9{,}83\cdot10^{-2}$
		ns	$2{,}8\cdot10^{-1}$	$3{,}65\cdot10^{-1}$	$5{,}17\cdot10^{-1}$	$6{,}05\cdot10^{-1}$	$3{,}25\cdot10^{-1}$	$3{,}68\cdot10^{-1}$	$4{,}58\cdot10^{-1}$	$6{,}18\cdot10^{-1}$
	300	s	0	0	0	$1\cdot10^{-2}$	0	$3{,}33\cdot10^{-3}$	$1{,}67\cdot10^{-3}$	$5\cdot10^{-3}$
		ns	$4{,}33\cdot10^{-2}$	$4{,}5\cdot10^{-2}$	$1{,}33\cdot10^{-1}$	$1{,}53\cdot10^{-1}$	$3{,}5\cdot10^{-2}$	$8{,}17\cdot10^{-2}$	$9{,}83\cdot10^{-2}$	$1{,}95\cdot10^{-1}$
Mali udeo praznih kola	190	s	$1{,}17\cdot10^{-2}$	$2{,}33\cdot10^{-2}$	$3\cdot10^{-2}$	$8{,}17\cdot10^{-2}$	$1\cdot10^{-2}$	$1{,}67\cdot10^{-2}$	$4\cdot10^{-2}$	$8{,}17\cdot10^{-2}$
		ns	$2{,}7\cdot10^{-1}$	$3{,}83\cdot10^{-1}$	$4{,}8\cdot10^{-1}$	$6{,}3\cdot10^{-1}$	$3\cdot10^{-1}$	$3{,}77\cdot10^{-1}$	$4{,}82\cdot10^{-1}$	$6{,}05\cdot10^{-1}$
	300	s	0	$1{,}67\cdot10^{-2}$	$1{,}67\cdot10^{-2}$	$1{,}67\cdot10^{-2}$	0	0	0	$3{,}33\cdot10^{-3}$
		ns	$3{,}83\cdot10^{-2}$	$6{,}33\cdot10^{-2}$	$1{,}02\cdot10^{-1}$	$1{,}48\cdot10^{-1}$	$3{,}17\cdot10^{-2}$	$6{,}17\cdot10^{-2}$	$1{,}03\cdot10^{-1}$	$1{,}78\cdot10^{-1}$

Legenda: R - radijus; s – stabilizovan kolosek; ns – nestabilizovan kolosek

Tabela 2. Ukupna verovatnoća iskliznuća po 10^6 voz-km za srednju masu voza 680 t

Varijanta ograničenja	Oblast mase voza [t]	Režim kočenja	Povoljne vrednosti			Srednje vrednosti			Nepovoljne vrednosti		
			vrednost	odnos prema G	odnos prema P	vrednost	odnos prema G	odnos prema P	vrednost	odnos prema G	odnos prema P
G	0 ÷ 1600	G	$5{,}47*10^{-7}$	1	-	$1{,}81*10^{-5}$	1	-	$1{,}06*10^{-4}$	1	-
P1	601 ÷ 800 801 ÷ 1600	G/P LL	$5{,}87*10^{-6}$	10,7	1	$1{,}75*10^{-4}$	9,6	1	$8{,}82*10^{-4}$	8,3	1
P2	0 ÷ 600 601 ÷ 1000 1001 ÷ 1600	P/P G/P LL	$7{,}39*10^{-6}$	13,5	1,3	$2{,}13*10^{-4}$	11,8	1,2	$1{,}06*10^{-3}$	10,0	1,2
P3	0 ÷ 600 601 ÷ 1200 1201 ÷ 1600	P/P G/P LL	$1{,}02*10^{-5}$	18,6	1,7	$2{,}95*10^{-4}$	16,3	1,7	$1{,}44*10^{-3}$	13,6	1,6
P4	0 ÷ 600 601 ÷ 1400	P/P G/P	$1{,}51*10^{-5}$	27,6	2,6	$4{,}20*10^{-4}$	23,2	2,4	$1{,}99*10^{-3}$	18,8	2,3
P5	0 ÷ 600 601 ÷ 1600	P/P G/P	$1{,}77*10^{-5}$	32,3	3,0	$4{,}77*10^{-4}$	26,3	2,7	$2{,}23*10^{-3}$	21,0	2,5
P6	0 ÷ 800 801 ÷ 1600	P/P G/P	$2{,}11*10^{-5}$	38,6	3,6	$5{,}74*10^{-4}$	31,7	3,3	$2{,}67*10^{-3}$	25,2	3,0
P7	0 ÷ 600	P/P	$6{,}17*10^{-5}$	112,8	10,5	$1{,}36*10^{-3}$	75,0	7,8	$5{,}82*10^{-3}$	54,9	6,6



Slika 2. Ukupna verovatnoća iskliznuća po 10^6 voz-km za srednju masu voza 680 t

- najpovoljnija vrednost 21%
- srednja vrednost 50%
- najnepovoljnija vrednost 66%.

- **Moguće oblasti iskliznuća unutar S-krivine -** Prekoračenje graničnih vrednosti kritertijuma iskliznuća se ne pojavljuje u ukupnim S-krivinama. Na osnovu rezultata ERRI-a, kao i proračuna modela teretnog voza utvrđene su merodavne oblasti od 30,43 m za R = 190 m i 38,20 m za R = 300 m pod uslovom da je kolosek stabilizovan.
- **Udeo nestabilizovanog koloseka -** Pretpostavljeno je da je kolosek stabilizovan (ojačan) ali je ipak uzeta u obzir i mogućnost postojanja nestabilizovanog dela koloseka. Podaci železnica pokazuju zadovoljavajuću podudarnost pa verovatnoća pojave nestabilizovanog dela koloseka iznosi:
  - najpovoljnija vrednost 1%
  - srednja vrednost 1,4%
  - najnepovoljnija vrednost 2,3%.
- **Broj S-krivina na kojima se saobraća -** Ova ulazna veličina, svedena na snagu trčanja vozova, nije obuhvaćena u eksploatcionoj statistici i stoga je grubo procenjena:
  - najpovoljnija vrednost 3 vožnje u S-krivini po 100 voz-km
  - srednja vrednost 5 vožnji u S-krivini po 100 voz-km
  - najnepovoljnija vrednost 8 vožnji u S-krivini po 100 voz-km.
- **Udeo režima kočenja na snagu vuče -** Prema odgovarajućim raspodelama masa teretnih vozova i varijantama ograničenja i sistematizacije utvrđen je procenat režima kočenja P/P, G/P i LL u odnosu na ukupnu snagu teretnih vozova (npr. za masu voza 680 t, režim kočenja P/P i varijantu ograničenja 1 iznosi 46,9%).

3. TEORIJSKA VEROVATNOĆA ISKLIZNUĆA KRITIČNIH 2-OSOVINSKIH KOLA U DUGIM TERETNIM VOZOVIMA USLED VISOKIH UZDUŽNIH DINAMIČKIH SILA

3.1. Verovatnoća iskliznuća za analizirane varijante mase voza/režima kočenja

U tabeli 1 su predstavljene verovatnoće **WE** za iskliznuće kritičnih kola u sistematizovanim varijantama, koje su određene za slučaj brzog i prinudnog kočenja, sa brzinama iz kojih se koči ≤ 40 km/h u S-krivinama, sa poluprečnikom krivine R ≤ 300 m i međupravcem ≤ 6 m. Podaci su izračunati za srednju masi voza $m_{WZ,m}$ = 680 t i to za varijantu opterećenja sa relativno visokim udelom praznih teretnih kola u teretnim vozovima i za varijantu sa relativno malim udelom praznih kola.

3.2. Ukupne verovatnoće iskliznuća u varijantama ograničenja

Verovatnoće iskliznuća **E** kao posledica brzog i prinudnog kočenja sa $v_A \leq 40$ km/h su svedene na vučnu snagu i na pojedine varijante sistematizacije Zu

$$E_{10^6;Zu,190/300,s/ns} = Br_{100,R,s/ns} \cdot 10^4 \cdot (IWF/voz)_{m,Zu} \cdot WE_{Zu,190/300,s/ns}$$

gde je $Br_{100,R}$ broj brzih i prinudnih kočenja iz $v_A \leq 40$ km/h unutar ukupne dužine dejstva S krivine kroz koju se prolazi svedeno na 100 voz-km; $(IWF/voz)_{m,Zu}$ srednji broj interesantnih kola u vozu po varijantama sistematizacije i $WE_{Zu,190/300,s/ns}$ verovatnoća za iskliznuće kola po varijantama sistematizacije, različitih po režimima kočenja, poluprečniku i podlozi koloseka (tabela 1).

Stoga se ukupna verovetnoća iskliznuća **GE** za svaku varijantu ograničenja Re razlikuje po varijantama opterećenja teretnih kola, kao i različitim rasporedom mase voza izračunatog izrazom (1):

$$\begin{aligned} GE_{10^6;\mathrm{Re}} = & \left[\sum^{P/P} \left(\left(E_{10^6,Zu,190,s} + E_{10^6,Zu,300,s} \right) \cdot AZ_{Zu} \right) + \right. \\ & + \sum^{G/P} \left(\left(E_{10^6,Zu,190,s} + E_{10^6,Zu,300,s} \right) \cdot AZ_{Zu} \right) + \\ & \left. + \sum^{LL} \left(\left(E_{10^6,Zu,190,s} + E_{10^6,Zu,300,s} \right) \cdot AZ_{Zu} \right) \cdot AGI_s \right] + \\ & + \left[\sum^{P/P} \left(\left(E_{10^6,Zu,190,s} + E_{10^6,Zu,300,s} \right) \cdot AZ_{Zu} \right) + \right. \\ & + \sum^{G/P} \left(\left(E_{10^6,Zu,190,s} + E_{10^6,Zu,300,s} \right) \cdot AZ_{Zu} \right) + \\ & \left. + \sum^{LL} \left(\left(E_{10^6,Zu,190,s} + E_{10^6,Zu,300,s} \right) \cdot AZ_{Zu} \right) \cdot AGI_{ns} \right] \end{aligned} \quad (1)$$

gde je $AGI_{s/ns}$ udeo stabilizovane/nestabilizovane podloge koloseka.

Rezultati proračuna ukupne verovatnoće iskliznuća po 10^6 voz-km pri srednjoj masi voza 680 t dati su u tabeli 2 i na slici 2.a u funkciji varijanti ograničenja i opterećenja. U tabeli 2 dat je i odnos ukupnih verovatnoća iskliznuća svih varijanti ograničenja prema najpovoljnijim varijantama G i P1 (pod pretpostavkom malog udela praznih teretnih kola).

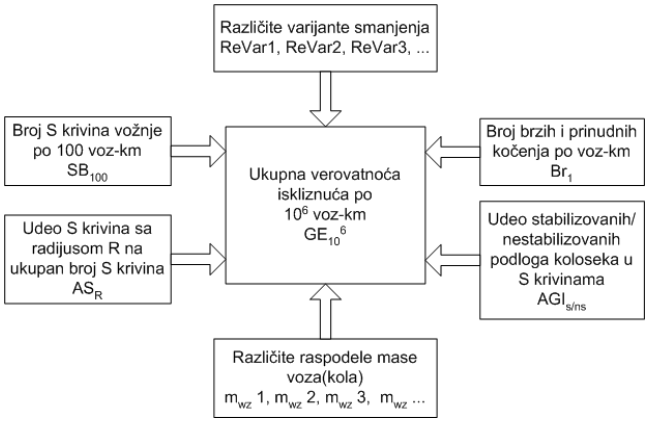
Stoga se za proizvoljne karakteristične veličine, može izvesti jednostavniji oblik izraza ne oslanjajući se na proračun, pa su na raspodele mase voza (slika 2.b) nanete ukupne verovatnoće iskliznuća varijanti opterećenja sa velikim udelom praznih kola za nepovoljne vrednosti sa jednom od promenljivih ulaznih karakterističnih veličina Br_1. Akvivalentni podaci za karakterističnih veličina SB_{100} i AS_{190} su predstavljeni na slici paralelno sa Br_1.

Za određivanje navedenih varijanti ograničenja korišćen je program LADKA [3], koji je vršio simulaciju vožnje kroz S-krivine pod određenim pretpostavkama uvedenim u modelu[1].

[1] Vrednosti uzdužnih dinamičkih sila preuzete od strane stručnog komiteta B 177, su dobijene za stanje kvačila "dodir odbojnika". One su stoga za ca. 25% više nego kod stanja kvačila "čvrsto zakvačeno", koji je po UIC objavi 421 propisan za P kočene teretne vozove u međunarodnom saobraćaju.

3.3. Ocena rezultata

Zavisnost verovatnoće iskliznuća po 10^6 voz-km za model pruge, od različitih ulaznih karakterističnih veličina i parametara (slika 3), je linearna pri promeni jedne veličine: Br_1, SB_{100}, AS_R i $AGI_{s/ns}$, kada su ostale veličine konstantne. Pod svim navedenim pretpostavkama ukupne verovatnoće iskliznuća po 10^6 voz-km kreću se od $5 \cdot 10^{-6}$ ($m_{WZ,m}$ = 680 t, povoljne vrednosti, varijanta ograničenja P1) do $1{,}16 \cdot 10^{-2}$ ($m_{WZ,m}$ = 920 t, nepovoljne vrednosti, varijanta ograničenja P7).



Slika 3. Ukupna verovatnoća iskliznuća po 10^6 voz-km u funkciji različitih ulaznih karakterističnih veličina i parametara

Kočenje u varijantama P1 (tabela 2) umesto režimom G povećava verovatnoću iskliznuća za 7 ÷ 11 puta, dok kočenje u varijantama P7 u odnosu na režim G povećava verovatnoću iskliznuća za 47 ÷ 113 puta. Ovaj porast verovatnoće iskliznuća javio bi se usled primene režima kočenja P bez odgovarajućih mera za smanjenje uzdužnih dinamičkih sila.

Upoređujući parametre upotrebljene u analize rizika iskliznuća evropskih železnica i odgovarajućih parametara JŽ mora se uzeti u obzir da je kod nas obavezan „čvrsti spoj“ kvačila, dok su u analizi korišćene vrednosti uzdužnih dinamičkih sila dobijene za labav spoj kvačila tj. „dodir odbojnika“. Za mnoge parametre mogu se koristiti prethodno dobijene ili procenjene vrednosti, kao i svi kriterijumi navedeni u prethodnoj analizi. Uzimajući u obzir specifičnosti na JŽ mogu se primeniti rezultati teorijski određene verovatnoće iskliznuća. Pri tome treba imati u vidu da 2-osovinska kola učestvuju u ukupnom parku teretnih kola na JŽ sa 32,2% u odnosu na 51,8% sa kojim se računalo. Vučna snaga je 75 puta veća u predstavljenom modelu od one na JŽ, dok je park teretnih kola veći samo 50 puta, što znači da je relativna vučna snaga JŽ 30% manja od one sa kojom je vršena analiza. Prema eksploatacionim podacima, po stanju natovarenosti kola, JŽ spada u grupu železnica sa velikim udelom praznih kola, a srednja masa voza iznosi 905 t.

4. EKSPLOATACIONA ISKUSTVA UPOTREBE P KOČNICE NA TERETNIM VOZOVIMA

Nijedna od železnica (ÖBB, SBB, DSB i FS) kod kojih se najpre primenjivao režim kočenja P nije imala negativna iskustva koja bi isključila primenu režima kočenja P, niti su preduzete posebne mere za stabilizaciju koloseka, odnosno opterećenja poprečnog preseka. Do postavljenja jedinstvenih evropskih pravila u odnosu na primenu režima kočenja P (UIC 421) međunarodni vozovi su preuzimani i voženi u istom režimu kočenja.

Učestanost iskliznuća za razvijene evropske železnica je iznosila 0,850 iskliznuća/10^6 voz-km za period 1986-1990, pri čemu je broj iskliznuća bio u opadanju. Učestanosti pojedinih uzroka iskliznuća su (iskliznuće/10^6 voz-km):

- lom osovinskog rukavca 0,055
- oštećenje točka/venca točka 0,086
- lom noseće opruge 0,075
- druga oštećenja na teretnim kolima 0,127
- lom šine 0,040
- druga oštećenja koloseka 0,399.

Učestanost iskliznuća usled visokih uzdužnih dinamičkih sila iznosi oko 0,004 iskliznuća/10^6 voz-km [2]. Ova vrednost se ipak ne može posmatrati kao statistička veličina, jer u navedenim podacima neke železnice nisu odredile specijalne razloge za 27% iskliznuća, tako da je pod "drugim razlozima" obuhvaćen relativno veliki broj iskliznuća.

Od prosečnog broja od 50 ÷ 70 udesa[2] pri vršenju železničkog saobraćaja godišnje u periodu 1995-1999. godine na JŽ (sa sličnom tendencijom do danas), čak do 87% slučajeva su prouzrokovani iskliznućem voza [1][3], od čega najveći deo predstavljaju iskliznuća teretnih kola. Kao najčešći razlog iskliznuća vozova ili vozila navode se kvarovi na kočnim uređajima, osovinskom sklopu, vučno-odbojnom uređaju, naprsnuće šine i neispravnosti na skretnicama [1]. Uzrok čak trećine iskliznuća na JŽ nije precizno određen, a visoke uzdužne dinamičke sile nisu navedene kao uzrok iskliznuća.

5. SKRAĆENJA ZAUSTAVNOG PUTA TERETNIH VOZOVA PREBACIVANJEM KOČNICE IZ REŽIMA KOČENJA G U P

Sa stanovišta bezbednosti, pored povećanja mogućnosti iskliznuća usled visokih uzdužnih dinamičkih sila pri kočenju teretnih vozova u režimu P, takođe treba uzeti u obzir i smanjenje rizika od sudara pri kraćim zaustavnim putevima. Na osnovu podataka iz eksploatacije evropskih železnica u periodu 1986-1990., prosečne vrednosti materijalne štete kao posledice sudara, višestruko prevazilaze vrednosti štete koje su posledice iskliznuća [2].

Skraćenja zaustavnog puta prebacivanjem režima kočenja sa G na P pri brzom i prinudnom kočenju iz iste brzine iz koje se koči zavisi:

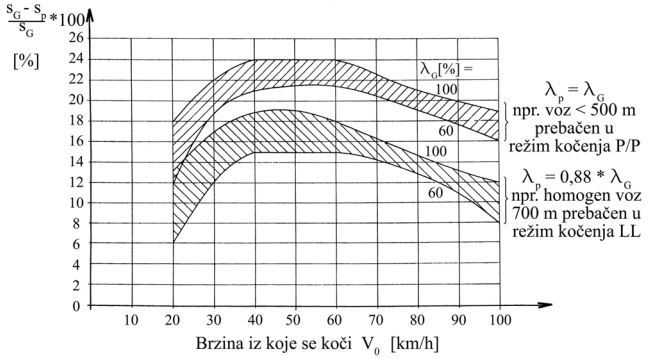
- od dužine voza (slika 4). Najveće skraćenje zaustavnog puta postiže se kod kraćih vozova, a najmanje kod 700

[2] Udesom se smatra svaki nastali sudar vozova, nalet voza ili iskliznuće voza. Pod udesom se takođe podrazumeva vanredni događaj nastao u železničkom saobraćaju u kome ima poginulih ili teže povređenih lica ili znatne materijalne štete ili je nastao veći prekid u železničkom saobraćaju.

[3] U tom broju iskliznuća nisu uzeta u obzir iskliznuća vozila i naleti pri manevrisanju koji iznose ca. 120 ÷ 160 godišnje [4], budući da oni nisu uzeti u obzir ni u proračunu ni pri određivanju ukupne verovatnoće.

m dugih vozova.

- od procenta kočne mase voza u režimu kočenja G. Procentualno skraćenje zaustavnog puta povećava se sa porastom procenta kočne mase.
- od broja vozila u kompoziciji koji je ostao u režimu kočenja G. Sa porastom broja ovih vozila smanjuje se procentualno skraćenje zaustavnog puta.
- od brzine iz koje se koči. Kada su brzine iz kojih se koči u oblasti od 40 ÷ 60 km/h postižu se najveća procentualna skraćenja zaustavnog puta. Pri manjim brzinama iz kojih se koči opada procentualna vrednost, dok je odgovarajuće vreme kočenja kraće nego vreme kočenja u režimu kočenja P. To znači da i u režimu kočenja P kočnica voza do zaustavljanja nije u potpunosti nalegla. Pri brzinama iz kojih se koči > 60 km/h opada procentualna vrednost, dok je odgovarajuće vreme duže nego vreme (razvoja) kočenja u režimu kočenja G i stoga se povećava vremenski udeo iste veće kočne sile u režimu kočenja P i G za ukupno vreme kočenja.



Slika 4. Procentualno skraćenje zaustavnog puta promenom režima kočenja iz G u P (P/P odnosno LL)

6. ZAKLJUČAK

Na verovatnoću iskliznuća, kao što je već rečeno najviše utiču broj brzih i prinudnih kočenja, broj vožnji preko standardnih S-krivina i udeo različitih radijusa u ukupnom broju S-krivina. Manji je uticaj udela praznih, malo natovarenih i natovarenih kola (varijante opterećenja), granične vrednosti za primenu režima kočenja P/P, G/P i LL (varijante ograničenja) kao i raspodele mase voza (srednja masa voza).

Odnos teorijski određene verovatnoće iskliznuća usled visokih uzdužnih dinamičkih sila u P kočenim vozovima je za 10^3 manji od učestalosti iskliznuća usled drugih razloga. Učestanost iskliznuća u eksploataciji usled visokih uzdužnih dinamičkih sila je takođe znatno manja u odnosu na druge uzroke izkliznuća.

Višegodišnja praksa primene P režima kočenja na teretnim vozovima, naravno uz primenu odgovarajućih mera za smanjenje uzdužnih dinamičkih sila, kako u međunarodnom saobraćaju, tako i na JŽ, nije pokazala negativne posledice po bezbednost saobraćaja. Preporučena ograničenja su uzeta u obzir u međunarodnom železničkom saobraćaju kroz UIC objavu 421 i na JŽ preko uputstva 233 [4].

LITERATURA

[1] Branislav Đikanović, Stanje i problemi bezbednosti u železničkom saobraćaju od 1995. do 1999. godine I i II, "Železnice", 11-12, 2000. godina, str. 558-568 i 1-2, 2001. str. 37-46, Želnid, Beograd

[2] ERRI: B 177.1/RP 1: Entgleisungsrisiko für 700 m lange Güterzüge in Bremsstellung P durch hohe Längsdruckkräfte; Entgleisungswahrscheinlichkeit bei Anwendung der Massenrestriktionen gemäß B 177, Utrecht, 01.03.1993.

[3] ERRI: B 177.1/RP 2: Entgleisungsrisiko für 700 m lange Güterzüge in Bremsstellung P durch hohe Längsdruckkräfte; Entgleisungswahrscheinlichkeit bei Anwendung von verschiedenen, von den Massenrestriktionen gemäß B 177 abweichenden Restriktionen, Utrecht, 01.11.1993.

[4] Uputstvo 233 o kočenju vozova, iz 1998. sa dopunama iz 2002., "Želnid", Beograd

DERAILMENT RISK ANALYSIS ON JŽ TRACK FROM VIEWPOINT OF P BRAKED FREIGHT TRAINS

Marija Vukšić, Zoran Petković

***Abstract** – In order to harmonize traffic regulation of JŽ with the one governing in Europe, JŽ has adopted regulation on usage of P brake position on freight train as basic braking position on JŽ tracks. These modifications were thoroughly analyzed in details by UIC taking into account of stopping distance shortage which in one hande decrease possibility of end-on collision??crash and, on the other hand increase possibility of deirailment due to high longitudinal compressive forces. The purpose of this article is to compare analysis on derailment risk of P braked fraight trains, performed by ERRI, with the conditions in domestic railway traffic and to show to what extension the results attained can be applied on JŽ, and how modification of brake position from G to P affects on traffic safety.*

Key words – derailment, longitudinal compressive forces, braking, railway, safety

XI ŽELKON '04 RAILCON '04 2004

INTEGRISANI PRISTUP PROJEKTOVANJU ŽELEZNIČKIH OSOVINSKIH SKLOPOVA U VIRTUELNOM OKRUŽENJU

Anica Milošević[1], Miloš Milošević[2], Stojan Stamenković[3]

Rezime *– Rastući zahtevi na postizanju viših performansi i nivoa usluga na železnici, kao i industrijska primena razvijenih sistema za projektovanje železničkih vozila, doveli su do razvoja novih proizvoda u cilju smanjenja vremena izrade i troškova razvoja a povećanja kvaliteta, pouzdanosti i upotrebne vrednosti proizvoda, čime se konačno utiče na poboljšanje konfora putnika i povećanje bezbednosti vožnje i brzine kretanja. Glavna namera je da se učini korak ka integrisanom projektovanju osovinskih sklopova, baziranom na upotrebi numeričkih alata za simulaciju, kroz multidisciplinarni pristup dizajnu osovinskih sklopova u virtuelnom okruženju. Sa tim ciljem na umu, koriste se veštine različitih stručnjaka za potpuno shvatanje dinamičkog ponašanja osovinskih sklopova, određivanje radnih opterećenja i eksploatacionih naprezanja, kao i naprezanja uzimajući u obzir kontakt točak-šina, zajedno sa odgovarajućim kriterijumima za predviđanje mogućih oštećenja u eksploataciji (na primer usled zamora i habanja) kako bi se postigle optimalne karakteristike i performanse železničkih točkova i osovina pri funkcionisanju u realnim uslovima. Iz skupa različitih zadataka, ovaj rad se prvenstveno bavi definisanjem modela železničkih vozila sa više tela (multi-body modeling), da bi se proverili i potvrdili modeli osovinskih sklopova u uslovima novih i strožijih zahteva vezanih za njihovu eksploataciju.*

Ključne reči – železnički osovinski sklop, projektovanje, multi-body modeliranje, ADAMS/RAIL.

1. UVOD

Proizvodnja železničkih osovinskih sklopova se suočava sa novim i strožijim zahtevima vezanim za habanje točkova (kako bi se smanjila potreba za obradom venca točka) i njihovu težinu (kako bi se smanjio pritisak na šine), a da se pri tome ne smanji njihova pouzdanost, bezbednost u radu i ukupni troškovi kako samog proizvodnog procesa tako i troškovi održavanja tokom celog radnog veka. Istovremeno, javljaju se i ostali aspekti koji se ogledaju u:

- potrebi da železnička vozila rade na kolosecima sa krivinama malog radijusa i na prugama projektovanim za velike brzine;
- povećanju komercijalnih brzina na konvencionalnim kolosecima (što je omogućeno primenom tehnologije naginjanja kao i sve boljih performansi obrtnih postolja) i
- pogoršanju kvaliteta šina i točkova zbog redukcije održavanja.

Stoga su potrebne nove metode projektovanja kako bi se zadovoljili svi pomenuti zahtevi, a to se naročito može učiniti ukoliko se pri projektovanju železničkih točkova i osovina iskoriste savremeni numerički alati za matematičko modeliranje dinamičkog ponašanja železničkih vozila, zatim odgovarajući modeli kojima se predviđaju otkazi i oštećenja kod osovinskih sklopova, kao i odgovarajući eksperimentalni rezultati i iskustva stečena u toku eksploatacije.

Zbog svega navedenog se kao cilj ovog rada postavlja zahtev za razvijanjem integrisane procedure projektovanja železničkih osovinskih sklopova u virtuelnom okruženju, bazirane na kombinovanoj primeni sofisticiranih modela železničkih vozila sastavljenih od više tela (multi-body modeling), kako bi se predvidela opterećenja koja u realnim okolnostima deluju na točkove i osovinski sklop uopšte. Ovakva procedura projektovanja trebalo bi da dovede do dizajna točkova za vozove velikih brzina sa smanjenim vibroakustičnim udarom i optimizovanim ukupnim troškovima radnog veka, kao i da da dizajn novog hibridnog točka male težine, napravljenog od aluminijumske glavčine i čeličnih osovina i obruča točkova.

2. INTEGRISANI PRISTUP PROJEKTOVANJU ŽELEZNIČKIH OSOVINSKIH SKLOPOVA

Glavna namera ovog rada je da se predloži multidisciplinarni pristup dizajnu železničkih osovinskih sklopova. Sa tim ciljem na umu, koriste se veštine različitih stručnjaka kako bi se postigle optimalne karakteristike i performanse železničkih točkova i osovina pri funkcionisanju u realnim uslovima.

Osnovni moduli koji čine integrisanu proceduru projektovanja železničkih osovinskih sklopova mogu da se svedu na sledeće:

2.1. Identifikacija parametara

Na osnovu dostupnih merenja, identifikuju se opterećenja na točku i osovini, kao funkcija kretanja vozila (brzine kretanja, nedostatka nadvišenja u krivinama), parametara vozila, stanja šina i faktora okoline. Rezultati ovakvih merenja se predstavljaju pomoću spektra

[1] mr Anica Milošević, Viša tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš, SCG, mikinb@bankerinter.net;
[2] mr Miloš Milošević, Mašinski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, Niš, SCG, mmilos@masfak.ni.ac.yu;
[3] dr Stojan Stamenković, Viša tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš, SCG

opterećenja za različite komponente opterećenja, a naročito za sile izazvane kontaktom točak/šina. Ovakva eksperimentalna baza podataka se zatim koristi kao referenca za naredne module u procesu integrisanog projektovanja železničkih osovinskih sklopova.

2.2. Definisanje modela sa više tela

Modeli železničkih vozila sa više tela se definišu kako bi se simuliralo njihovo dinamičko ponašanje u toku eksploatacije. Da bi se što verodostojnije modelirali realni uslovi funkcionisanja vrše se specifične analize kako bi se modelom obuhvatilo razmatranje i fleksibilnosti točkova. Naročita pažnja se poklanja modeliranju koloseka i šina kod pravolinijskih trasa, a naročito u krivinama, zatim se analizira uticaj nepravilnosti koje se javljaju kod geometrije koloseka i šina, razmatra se različita fleksibilnost šina, a sve u cilju kako bi se odmerili efekti izmenjenih parametara kako vozila tako i šina na dinamiku kontaktnih opterećenja, pa samim tim i na spektar opterećenja. Rade se i dodatne analize kako bi se poboljšala numerička efikasnost modela, a time razvio pogodan alat za predviđanje budućih razvojnih faza.

2.3. Procedure za predviđanje veka trajanja

Sa teorijske tačke gledišta, predviđanje veka trajanja (*Fatigue Life Predicition – FLP*) je neophodno da bi se odredilo koliko će osovinski sklopovi moći da se upotrebljavaju pod dinamičkim opterećenjem prisutnim u realnim uslovima, odnosno tokom njihovog stvarnog rada. Ovde se uzimaju u obzir svi mogući fenomeni vezani za oštećenje točkova, kao što su zamor metala, zamor usled kontakta koji se javlja tokom okretanja točkova, kao i korozija. Uz to, razmatraju se i efekti habanja koji se javljaju i na šinama i na vencu točkova dok se kotrljaju i njihova međusobna uslovljenosti sa ostalim uticajnim parametrima, sa tačke gledišta strukturalne pouzdanosti kroz predviđanje promena u interakciji točkova i šina tokom procesa habanja u eksploataciji.

2.4. Integracija tehnike FLP sa FEA

Imajući u vidu različite uslove opterećenja zavisno od zadatka koji železničko vozilo treba da obavi, na modelu se analizom konačnim elementima (*Finite Element Analysis – FEA*) izračunava distribucija napona na osovinskom sklopu. Naročita pažnja se obraća na sledeće:

- simulacija presovanja poprečnog spoja točka i osovine;
- određivanje kontaktne oblasti točak-šina i
- procena podpovršinskog naprezanja ispod površine kotrljanja točka.

Dobijeni rezultati analize konačnim elementima se integrišu u proceduru za predviđanje veka trajanja osovinskih sklopova kako bi se simulacijom procenilo koliki će biti vek trajanja osovinskih sklopova pod dinamičkim opterećenjem koje se javlja u realnim uslovima rada.

2.5. Numeričke tehnike za predviđanje stvaranja buke

Analiza vibroakustičkog udara kod osovinskih sklopova je takođe od velikog značaja i predstavlja još jedan od važnih modula u integrisanom pristupu projektovanja železničkih osovinskih sklopova. Zbog toga postoji niz numeričkih modela za predviđanje stvaranja buke. Dostupnost ovih numeričkih alata omogućava da se uporede različita projektna rešenja koja se odnose na oblik prirubnice točkova, kao i na mogućnost da se proveri koliko su efikasne različite sprave za apsorbovanje buke.

3. MODEL ŽELEZNIČKOG VOZILA SA VIŠE TELA

Iz skupa napred navedenih različitih zadataka integrisanog pristupa projektovanju železničkih osovinskih sklopova u virtuelnom okruženju, u ovom radu će se prvenstveno razmatrati modul koji se odnosi na definisanje modela železničkih vozila sa više tela kako bi se simuliralo njihovo dinamičko ponašanje u toku eksploatacije.

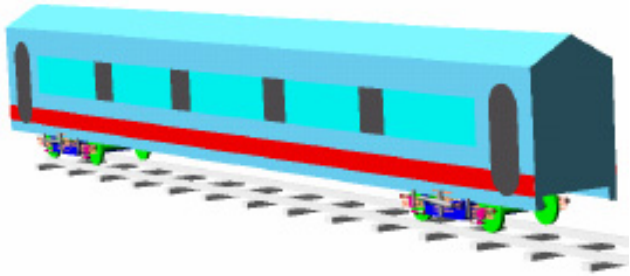
U tu svrhu potrebno je da se razvije matematički model voza, kao model sa više tela, koji će se dalje koristi za procenu vrednosti sila nastalih u kontaktu točka i šine pod realnim eksploatacionim uslovima. Te vrednosti mogu kasnije da se upotrebe i kao ulazne vrednosti za neku drugu analizu, na primer za predviđanje veka trajanja u toku integrisanog projektovanja železničkih osovinskih sklopova.

Savremeni pristup modeliranju železničkih vozila kao modela sa više tela u virtuelnom okruženju zasniva se na korišćenju komercijalnih programskih paketa, a ne pojedinačnih softvera koji se namenski programiraju za individualne potrebe. Stoga je u ovom slučaju izabran softverski paket ADAMS/Rail koji je posebno orijentisan ka dinamičkoj analizi železničkih sklopova kao modela sa više tela. Njegovim korišćenjem je moguće potpuno i precizno modeliranje železničkih vozila, realistična simulacija i vizuelizacija njihovog dinamičkog ponašanja u virtuelnom okruženju bez potrebe za realizacijom skupih prototipa. Lako i brzo se izgrađuju složeni, parametarski, trodimenzionalni modeli sa više tela, definišu se ogibljenja, osovinski sklopovi, kontakt točak-šina i ostale neophodne karakteristike. Onda se tako pripremljen model podvrgava statičkim, kinematičkim i dinamičkim simulacijama da bi se proverila stabilnost i bezbednost vozila, vučna sila, putnički konfor i ostalo. Korišćenjem ovog programa lako se mogu da utvrde performanse osnovnog modela, kao i da se shvati kako će promene u modelu da utiču na promene karakteristika i to pre izgradnje i testiranja fizičkog prototipa. Takva analiza obezbeđuje da se potencijalni problemi uoče i isprave na vreme i konačno utiče na skraćivanje vremena projektovanja i razvoja, kao i na smanjenje ukupnih troškova procesa projektovanja i proizvodnje. Konačno, varijacijom različitih parametara se poboljšavaju postojeća rešenja do konačnog optimalnog modela sa najboljim karakteristikama.

Primenom ovog programa moguće je analizirati različite aspekte železničkih vozila ili njihovih sastavnih sklopova. Tako se može analizirati obrtno postolje u okviru koga može da se uzme u obzir razmatranje kontakta točak-šina,

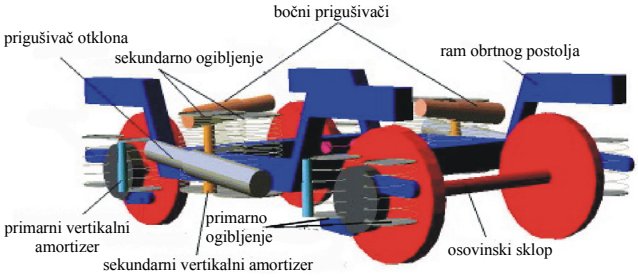
krutost kao i efekat fleksibilnosti tela osovinskog sklopa, ram obrtnog postolja, uticaj ogibljenja (opruga, prigušnica, vazdušnih jastuka), da se razmatra uticaj trenja i istrošenosti, zamora materijala i slično. Pri analizi tela železničkih vozila može da se analizira sanduk vozila, konstrukcija motornog dela, položaj platformi, opterećenja, stabilnosti, da se predvidi kritična brzina ili izvrši modalna analiza. Kao jedan od važnijih aspekata može da se razmatra i putnički konfor, buka i vibracije i uticaj na okolinu. Od sastavnih sklopova mogu da se analiziraju i kočnice, odbojnici, pantograf, aktivni sklopovi i ostalo.

Za analizu železničkih osovinskih sklopova u virtuelnom okruženju koja je predmet ovog rada, izgrađen je kompletan model vozila, prikazan na sl. 1 u ADAMS/Rail okruženju. Ovaj model putničkog vagona se sastoji od tri različita podsklopa: sanduka kola, prednjeg i zadnjeg obrtnog postolja. Sanduk kola i ram obrtnog postolja se tretiraju kao čvrsta tela i definišu se pomoću karakteristika mase (masa, moment inercije i pozicija težišta), kao i pomoću tačno određenog položaja obrtnog postolja u odnosu na sam sanduk kola. Kod osovinskih sklopova mogu da se definišu dve alternativne šeme. U jednom slučaju se osovinski sklopovi mogu da tretiraju kao čvrsto telo, dok se drugi put uzima u obzir fleksibilnost tela.



Sl. 1. Model vozila u ADAMS/Rail okruženju

Na sl. 2 prikazan je model obrtnog postolja sa više tela u ADAMS/Rail okruženju iskorišćen kod modeliranja putničkog vagona na sl. 1. Prednje i zadnje obrtno postolje kod ovog modela su jednaki, a jedina razlika je u poziciji prigušivača otklona, koji je simetričan u odnosu na sredinu sanduka kola. Obrtno postolje se u osnovi sastoji od rama obrtnog postolja, dva osovinska sklopa i ogibljenja koje vezuje ram obrtnog postolja sa osovinskim sklopovima i sa sandukom kola. Mase ostalih konstitutivnih komponenata obrtnog postolja, kao što su pomoćni elementi, opruge i amortizeri su redukovane u masu rama obrtnog postolja. Primarno i sekundarno ogibljenje su prikazani lineranim elastičnim elementima, dok se odgovarajući vertikalni i bočni prigušivači tretiraju kao viskozni nelinearnim elementi. Deformabilnost veze između rama obrtnog postolja i osovinskih sklopova je prikazana pomoću vertikalnih opruga primarnog ogibljenja i koncentrisanih elastičnih umetaka koji tako predstavljaju realnu vezu rama obrtnog postolja i osovinskih sklopova. Prigušivač otklona je prikazan kao viskozni nelinearni prigušivač povezan sa oprugom.



Sl. 2. Model jednog obrtnog postolja sa više tela

4. SIMULACIJA I PREDVIĐANJE SPEKTRA OPTEREĆENJA

Kada je jednom definisan matematički model železničkog vozila, potrebno je da se najpre izvrši veliki broj aktivnosti kojima se želi da se proveri u kojoj meri izgrađeni model može da se smatra reprezentativnim za stvarno ponašanje vozila na pravolinijskoj putanji i u krivinama. Pri tome je naročito potrebno da se vodi računa o vertikalnim i bočnim komponentama sila koje nastaju u kontaktu točka i šina, pošto su one najbitniji deo modela pri analizi osovinskih sklopova.

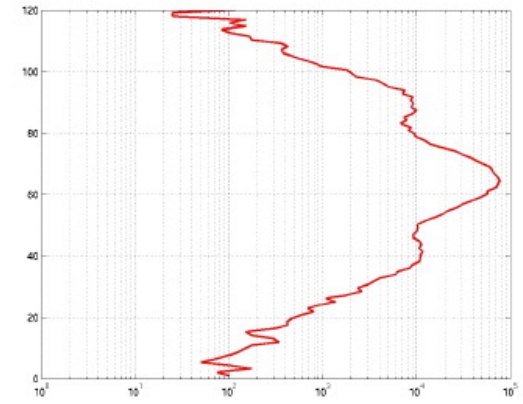
Ovakvim aktivnostima provere omogućava se potvrda da model sa dobrom preciznošću može da reprodukuje:

- prirodnu frekvenciju vozila;
- kritičnu brzinu vozila kao funkciju stvarnog oblika točka i profila šina;
- statičke i dinamičke komponente sila nastale od kontakta točak-šina pri ulasku u krivinu, kao funkciju radijusa krivine i nekompenzovanog bočnog ubrzanja.

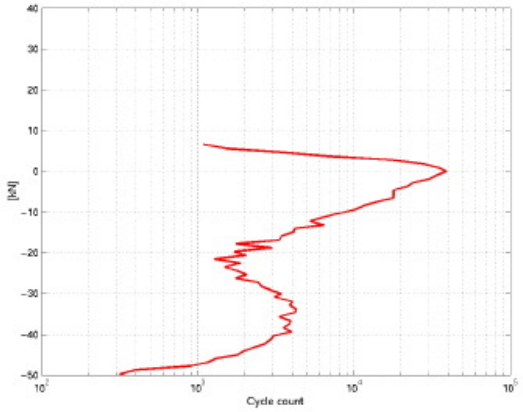
Konačno se ovako definisan i proveren model železničkog vozila sa više tela koristi da se u procesu simulacije definišu predviđeni spektri opterećenja za različite komponente sila nastalih u kontaktu točak-šina koji su merodavni kod daljih analiza modela osovinskih sklopova. Procedura se može opisati na sledeći način. Različiti uslovi kretanja vozila se uzimaju u obzir. Kada se vozilo kreće na pravolinijskom delu pruge razmatraju se različite brzine u rasponu od 160 do 250 km/h, dok niže brzine nisu uticajne jer one imaju manju važnost u definisanju spektra opterećenja. Što se tiče kretanja u krivini, biraju su oni uslovi kretanja koji su značajni i kod sporih pruga, sa relativno malim radijusima krivina i za linije velikih brzina. Stoga se ispituju različiti radijusi krivina, u opsegu od 350 do 2000 metara, u svakoj od dve mogućnosti, gde se kod prve stvara nekompenzovano bočno ubrzanje nešto iznad 1 m/s^2, a kod druge nešto iznad 2m/s^2 (što ne važi samo kod krivina sa jako velikim radijusom).

Na ovaj način, obračunava se više različitih spektra opterećenja, po jedan za svaki vid kretanja i onda se konačno dobija kumulativni spektar opterećenja kao suma svih "osnovnih spektara".

Ukupni spektar opterećenja koji se dobija ovakvom analizom za desni točak prednjeg obrtnog postolja prikazan je na sl. 3 za vertikalne i bočne komponente sile.



a)



b)

Sl. 3. Numerički spektar opterećenja, a) vertikalna sila kontakta; b) bočna sila kontakta

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je opisana predložena integrisana procedura za projektovanje osovinskih sklopova izuzetnih performansi u virtuelnom okruženju, koja se bazira na zajedničkoj upotrebi sofisticiranih numeričkih alata kojima bi se odradila faza projektovanja. Iz skupa različitih zadataka naročita pažnja je posvećena definisanju modela železničkih vozila sa više tela (multi-body modeling) i simulaciji njihovog dinamičkog ponašanja, da bi se proverili i potvrdili predloženi modeli osovinskih sklopova kao i predvidela opterećenja koja u realnoj eksploataciji deluju na točkove i osovinski sklop uopšte. Zatim su kod proverenih modela železničkih vozila sa više tela na osnovu postavljene procedure predviđeni spektri opterećenja za različite komponente sila nastalih u kontaktu točak-šina koji su merodavni za dalje analize modela osovinskih sklopova.

Kao dopusnki rezultati se očekuje značajan doprinos u projektovanju železničkih osovinskih sklopova u cilju redukcije buke i vibracionih udara, povećanje trajnosti i pouzdanosti i smanjenje troškova životnog ciklusa, čime se konačno utiče na poboljšanje konfora putnika i povećanje bezbednosti vožnje i brzine kretanja

LITERATURA

[1] Stanca M., Stefanini A., Gallo, R.: Development of an Integrated Design Methodology for a New Generation of High Performance Rail Wheelsets, Proceedings of the 16th European MDI User Conference, Berchtesgaden, Germany, 2001.

[2] Haque I., Amirouche F., Kimbrough S., El-Gindy M.: Innovations in Vehicle Design and Development, DE-Vol. 101, ASME, 1999.

[3] Berreta S., Cheli F., Melzi S., Stanca M.: Dynamic simulation and estimation of stress spectra for railway components, IV ADAMS/Rail Conference, Utrecht, Netherlands, 1999.

[4] Gilbert, B.: "Virtual Test Trains", World Congress on Railway Research, Köln, Germany, 2001.

[5] Milošević, A., Milošević, M., Stamenković, S.: "Projektovanje i proizvodnja železničkih vozila u virtuelnom okruženju", Zbornik radova X Jugoslovenske konferencije Železničko mašinstvo, Niš, 2002.

INTEGRATED DESIGN APPROACH FOR RAIL WHEELSETS IN THE VIRTUAL ENVIRONMENT

Anica Milošević[1], Miloš Milošević[2], Stojan Stamenković[3]

Abstract *– Increasing demands on performing higher performances and services levels on the Railways, as well as modern computer aided design systems applying in the industry of rolling stock, have brought up to the new products development with the aim of significantly reducing production and development time and total life cycle costs, then having outstanding quality, reliability and usability of products. Finally, all of these lead to improvements in passenger comfort and increasing of running safety and velocity. The main intention is to make a step to an integrated design methodology for rail wheelsets based on the use of numerical simulation tools, by using of a multidisciplinary approach of wheelsets designing in the virtual environment. With this aim in mind, different skills of many experts must be used for completely understanding of wheelsets dynamical behaviour, service loads and wheel-rail contact forces determination, together with proper criteria for the prediction of possible damages during exploitation (for example under fatigue and wear) in order to achieve optimal characteristics and performances of railway wheels and axles during their real functioning. From a set of many different tasks, this paper deals with defining models of rolling stock by using multi-body modeling in order to check and confirm wheelsets models in real circumstances of new and more severe demands in their operation..*

Key words – rail wheelset, designing, multi-body modeling, ADAMS/RAIL

XI ŽELKON '04
RAILCON '04
2004

MODERNI UNIVERZALNI BRZINOMJERSKO REKORDERSKI SISTEM ZA TRAČNIČKA VOZILA

Zvonimir Viduka [1], Darko Barišić [2]

Rezime *– Ovim radom imamo nakanu prikazati problem raznolikosti brzinomjerskih konfiguracija na tračničkim vozilima u svim zemljama bivše Jugoslavije. Rješenje toga problema se nalazi u unifikaciji brzinomjerskih sustava. Kao kvalitetno rješenje za unifikaciju brzinomjerskih sustava vođenu realnim zahtjevima na tračnička vozila u svim zemljama na području bivše Jugoslavije tvrtka ALTPRO d.o.o. iz Zagreba je u suradnji sa njemačkom tvrtkom DEUTA WERKE razvila optimalni brzinomjersko-rekorderski sustav za sve tipove tračničkih vozila. U radu koji slijedi opisuje se i tehnički obrazlaže taj optimizirani rekordersko-brzinomjerski sustav.*

Ključne reči – željeznica, Deuta, brzinomjer, rekorder

1. UVOD

Na području bivše Jugoslavije na tračničkim vozilima (tramvaji, lokomotive, vlakovi) se nalazi veliki broj različitih brzinomjerskih konfiguracija uvođenih prije 20-30 godina. Većina komponenti tih sustava se više ne proizvodi i teško se dobavljaju i održavaju, a moderniji sustavi više ne zapisuju podatke na papirnate trake. Stoga je tvrtka ALTPRO u suradnji sa svjetskim proizvođačem brzinomjera DEUTA-WERKE, uvažavajući trend razvoja tračničkih vozila i važeće norme projektirala optimalni i univerzalni brzinomjersko-rekorderski sustav primjenjiv na sva tračnička vozila na području bivše Jugoslavije. Cilj toga je bio da se univerzalnim rješenjem smanje troškovi održavanja vozila i obučavanja korisnika uz korištenje rješenja koja se već koriste u europskim željeznicama.

2. APLIKACIJA UREĐAJA (INCIDENT-RECORDERA) KWR6 KAO REGISTRACIJSKO-SIGURNOSNOG UREĐAJA U DVIJE RAZLIČITE APLIKACIJE:

-DMV MACOSA

-TRAMVAJ

2.1. Dizajn black-box incident recordera KWR6A

Crna kutija KWR6 (slika 1.) je mikroprocesorski uređaj za registriranje digitalnih i analognih signala dovedenih iz instalacije vozila te isto tako frekvencijskih signala koji dolaze ili direktno sa senzora (davača) brzine ili se ti signali električki prilagođavaju samim ulazima u KWR6. KWR6 sustav ima 16 digitalnih ulaza (ulaza stanja SE1-SE16), 6 relejnih (sigurnosnih) izlaza K1-K6, 2 digitalna izlaza DA1, DA2, 2 frekvencijska ulaza FE1, FE2, 2 analogna ulaza AE1, AE2 te jedan tahometarski izlaz za pogon instrumenta za pokazivanje brzine AA. Broj i električki karakter pojedinih izlaza i ulaza nije slučajan što će se vidjeti u tekstu koji slijedi a koji će govoriti upravo o optimizaciji jednog takvog sustava.

2.2. Upotreba sustava KWR6 kao incident recordera te procesorsko brzinomjerskom sustavu u vlaku tipa MACOSA

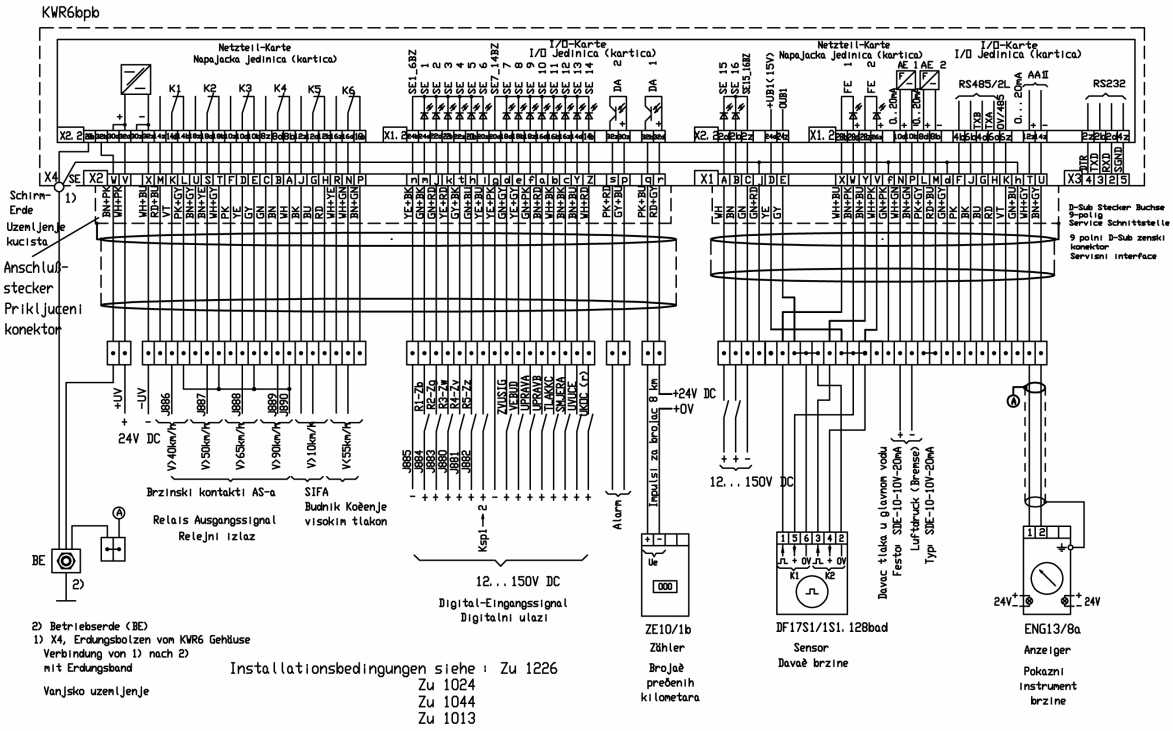
Slika 2. prikazuje el. shemu spajanja brzinomjersko-registracijskog sustava u sklopu AUTO-STOP uređaja za vlak tipa MACOSA. Na el. shemi spajanja perifernih jedinica sa uređajem KWR6 su uočljive 3 vanjske jedinice:

1) Brojač prijeđenih kilometara ZE10/1 koji se iz iskustvenih razloga preporuča instalirati kao vanjsku-dodatnu jedinicu. Ako je brojač kilometara uključen u sam brzinomjer onda se prilikom njegova servisa mora deinstalirati i brojač kilometara što uslijed niza servisa i zamjene instrumenata stvara zapravo diskontinuitet u brojanju prevaljenih kilometara vozila. Brojač kilometara ZE10/1 pogoni se jednim od digitalnih izlaza (DA1 ili DA2).

2) Dvokanalni digitalni senzor brzine DF17 (slika 3.). Senzor-detektor brzine se montira osovinski na isto mjesto (kompatibilni gabariti) gdje je prije toga postojao detektor brzine nekog starijeg tipa (AC generator). Signali generirani u senzoru DF17 pojavljuju se kao ulazni signali na oba postojeća frekvencijska ulaza (FE1, FE2).

Slika 1

[1] Zvonimir Viduka, dipl.inž.elek., ALTPRO d.o.o., Drvinje 63, Zagreb, Hrvatska, zvonimir.viduka@altpro.hr
[2] Darko Barišić, dipl.inž.elek., ALTPRO d.o.o., Drvinje 63, Zagreb, Hrvatska, darko.barisic@altpro.hr



Slika 2

3) Pokazni instrument brzine ENG 13/8 (slika 4.) koji je direktno pogonjen tahometarskim izlazom AA. Ovaj instrument je odabran jer su se na njegov izgled navikli strojovođe te djelatnici održavanja raznih željeznica.

Uz signal brzine koji se preko frekvencijskog ulaza konvertira u analogni signal brzine u uređaju KWR6 je moguće obrađivati (registrirati i prikazivati) još dva nominalno analogna signala. U aplikacijama na tračničkim vozilima pomoću tih analognih ulaza se bilježi i zapisuje u vremenu analogni signal vrijednosti tlaka u glavnom pojnom vodu kočionog sustava. Standardni pretvarači tlaka za takvu aplikaciju imaju izlazne električne karakteristike 10V / 20 mA. Na taj su način analogno postavljene i električke karakteristike dvaju analognih ulaza uređaja KWR6.

Budući da se KWR6 uređaj koristi u sklopu AUTO-STOP uređaja upotrijebljeni su i sigurnosni relejni izlazi K1-K6. Kao što se na samoj el. shemi (slika 2.) vidi primjetna je podudarnost broja relejnih izlaza te njihovih funkcija prema samim zahtjevima koje sustav AUTO-STOP postavlja na broj relejnih izlaza i njihove funkcije.

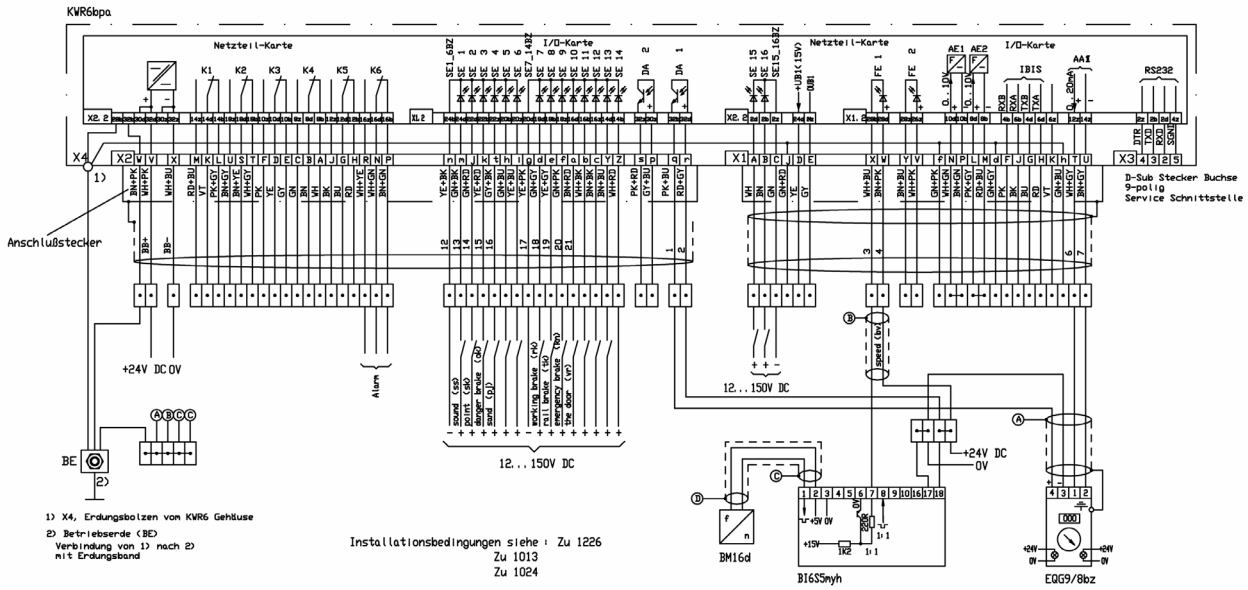
Sustav KWR6 registrira i memorira maksimalno 16 digitalnih signala stanja što se u prosječnoj lokomotivi na području bivše Jugoslavije nikada ne iskoristi do kraja. Kod primjene na željezničko vozilo potrebno je naglasiti da se 5 digitalnih ulaznih signala rezervira za signale AUTO-STOP-a.

Budući da je relejni izlaz K6 uvijek upotrijebljen kao izlaz za signaliziranje internog alarma uređaja (Error uređaja), na željezničkim vozilima se za signalizaciju greške uređaja (interni error) koristi jedan od digitalnih izlaza DA1, DA2.

Na shemi spajanja su također uočljiva i dva komunikacijska porta (servisni RS 232 port te komunikacijski RS 485 port). Servisni port omogućuje (uz adekvatni software na vanjskom računalu) monitoriranje te konfiguriranje uređaja KWR6. Komunikacijski port omogućuje komunikacijsko povezivanje uređaja KWR6 sa ostalim inteligentnim sustavima i procesorskim jedinicama.

Slika 3

Slika 4

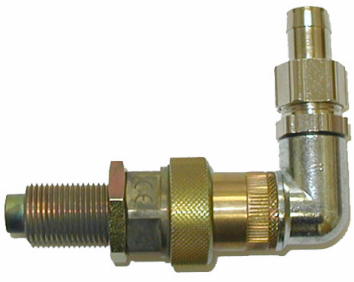


Slika 5

2.3. Upotreba sustava KWR6 kao incident-recordera u procesorsko brzinomjerskom sustavu na češkim tramvajima KT-tipa

Slika 5. prikazuje el. shemu spajanja uređaja KWR6 u instalaciji tramvaja tipa KT3 u GPP-Osijek. Na prvi pogled je uočljiva znatno reducirana upotreba performansi uređaja KWR6.

Za signalizaciju internog alarma se nominalno upotrebljava relejni izlaz K6. 16 digitalnih ulaznih signala stanja se u ovakvoj aplikaciji pokazuju svakako kao dovoljan broj raspoloživih signala stanja vozila. Analogni ulazi se za ovaj tip vozila obično ne koriste a preporuka je proizvođača da se u tom slučaju analogni ulazi moraju za vrijeme rada uređaja kratko spojiti. Registracija brzine u tramvajskim aplikacijama se realizira obično tzv. pick-up (slika 6.) senzorima koji se vrlo jednostavno montiraju i u 6 godina korištenja u ZET-u nisu zabilježeni kvarovi osim kod mehaničkih oštećenja vozila. Za registriranje brzine potrebno je pick-up signal električki prilagoditi jednom od frekvencijskih ulaza FE1, FE2 (standardni prilagodni sklop BI6S5). Frekvencijski signal sa davača brzine se u uređaju KWR6 u konačnom ispisu konvertira u kontinuiranu krivulju brzine u vremenu ili prostoru. Baždarenje sustava je matematički gledano jednostavno.



Slika 6

Na slici 6. je kao pokazni instrument (indikator brzine) prikazan instrument EQG 9/8 koji u sebi ima ugrađen brojač prijeđenih kilometara. Pogon instrumenta je realiziran digitalnim izlazom DA (brojač kilometara) te tahometarskim izlazom AA (pokazivanje kazaljke instrumenta).

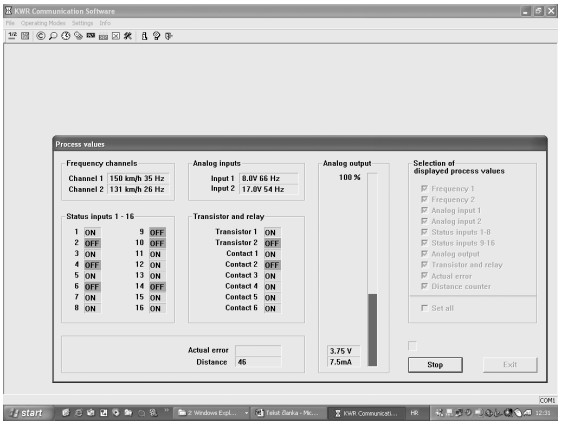
Upotreba sustava KWR6 u tramvajima je izuzetno pogodna zbog malih gabarita KWR6 – uređaja black-box tipa te ima velike mogućnosti učvršćenja u vozilima.

2.4. Monitoriranje i konfiguriranje uređaja KWR6

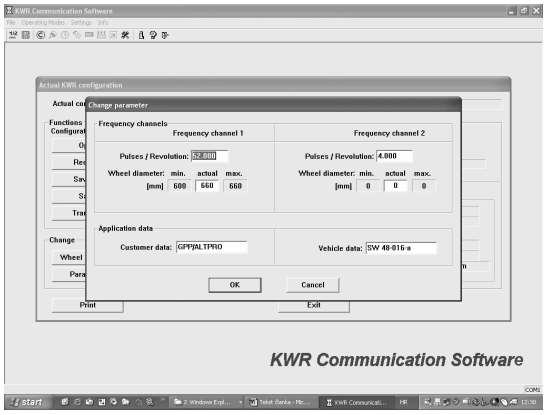
Kao osnovna softverska jedinica koja definira pojedinu aplikaciju sa uređajem KWR6 pojavljuje se tzv. konfiguracijski file. Konfiguracijski file sadrži sve osnovne parametre koji definiraju jedan brzinomjerski sustav. Koristeći servisni interface, pripadajući software (Communication software) instaliran na nekom vanjskom računalu moguće je na hard-disku vanjskog računala spremljeni konfiguracijski file editirati (editirati parametre koji definiraju konfiguraciju - sl. 7.) te taj file transmitirati (poslati) na disk samoga uređaja KWR6, odnosno konfigurirati uređaj KWR6. Isto tako moguće je konfiguracijski file primiti sa diska uređaja KWR6 te ga u sklopu opcija komunikacijskog software-a na vanjskom računalu editirati te nakon toga taj file ili poslati na disk uređaja KWR6 ili ga pak spremiti na disk vanjskoga računala radi arhiviranja ili naknadnog editiranja.

Samo konfiguriranje (u smislu editiranja konfiguracijskog file-a) znači zapravo postavljanje novih parametara konfiguracije – za tramvajske aplikacije to su uglavnom: broj impulsa po okretaju kotača, promjer kotača, postavke vremena ...

Monitoriranje parametara uređaja KWR6 (zapravo stanja vozila u tijeku vožnje) se obavlja aktiviranjem jedne od opcija u ponuđenom izborniku. Monitoriraju se stanja svih digitalnih ulaza, relejnih izlaza, parametara konfiguracije te brzina vozila (sl. 8.).



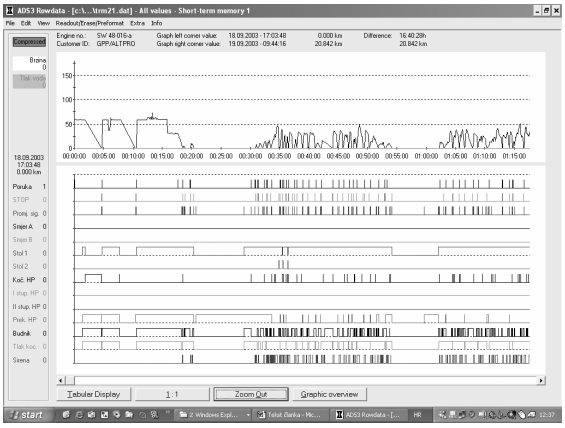
Slika 7



Slika 8

2.5. Evaluacija-analiza snimljenih podataka na magnetskoj PCMCI kartici

Budući da je novom generacijom rekorderskih sustava sa PCMCI karticama definitivno izbačena papirnata traka kao medij za snimanje podataka mijenja se i tehnologija analize snimljenih podataka. Digitalni zapis na 32 MB karticu svih događaja u tijeku vožnje omogućava i iscrpniju analizu snimljenih podataka. Evaluacija se obavlja korištenjem ponuđenih opcija u izborniku programa softverskog paketa ADS3 (slika 9.) za čije je korištenje napravljena uputa na našem jeziku. Uz kvalitetne upute na jeziku zemlje u kojoj se sustav upotrebljava može se obavljati vrlo kvalitetna analiza snimljenih podataka. ADS3 softverski paket nudi inače vrlo jednostavno formiranje logičkih i matematičkih funkcija pretraživanja (opcija FIND, FIND NEXT…) koje su bitne prilikom traženja određenih incidentnih situacija u izuzetno velikim datotekama (sl. 10).

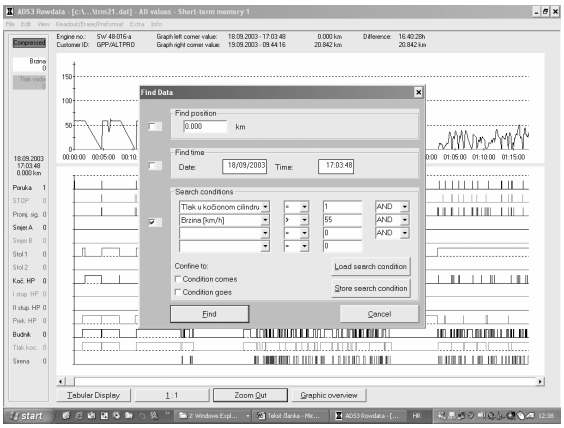


Slika 9

Slika 11

Uređajima KWR6 se najčešće zapisuju slijedeći signali:
- tlak u glavnom pojnom vodu kočionog sustava
- stanje vrata
- vrijeme
- brzina
- prijeđeni put vozila
- smjer vožnje
- prorada uređaja za kontrolu budnosti

Slika 11. prikazuje instalirani uređaj KWR6 – black-box u osječkom tramvaju KT-tipa. Na prvi pogled je uočljiva izuzetno jednostavna montaža uređaja u vozila sa malo prostora za instalaciju.



Slika 10

3. ZAKLJUČAK

Rezultati uvođenja brzinomjerske rekorderske konfiguracije na bazi crne kutije KWR6 na različita tračnička vozila su sljedeći:
- isti rezervni dijelovi
- olakšano i jeftinije održavanje, jednostavna ugradnja
- prilagođenost današnjem stupnju tehnike i tehnologije te zahtjevima i **propisima IEC 60571-1/2/3, VDE 871**
- povećana sigurnost vozila u prometu
- mogućnost analize stanja vozila i kvalitetnije praćenje i organiziranje prometa
- brza i efikasna detekcija izvanrednih situacija
- velika memorija u odnosu na slične sustave drugih proizvođača

- kompletna dokumentacija na jeziku korisnika
- praćenje s istim rezervnim dijelovima
- usklađenost sustava sa trendom za izbacivanje registrirajućih traka

Dosadašnji rezultati korištenja su pokazali da su korisnici vrlo brzo prihvatili novi sustav zbog sličnosti pojedinih komponenti sustava sa starim komponentama. Također je za same korisnike važna činjenica da je tvrtka ALTPRO ovlašteni zastupnik, serviser i projektant tvrtke Deuta a ujedno kao proizvođač sigurnosnih sustava AUTOSTOP sustava, lokomotivskih i pružnih magneta, uređaja za kontrolu budnosti i dijagnostičke opreme je postala isporučitelj opreme za DEUTA WERKE. Time je sve širi krug željezničkih i tramvajskih kupaca dobio sigurnost da će svi njihovi problemi biti brzo i efikasno riješeni.

LITERATURA

[1] Katalog DEUTA, 03/2002
[2] Tehnička projektna dokumentacija ALTPRO, 9S134.132.DF17
[3] Tehnička projektna dokumentacija ALTPRO, 9S134.135
[4] Tehnička projektna dokumentacija ALTPRO, 3S134.138

UNIVERSAL MODERN RECORDER SYSTEM FOR TRACK VEHICLES

Zvonimir Viduka, Darko Barišić

Abstract *– With this article we want to present you one problem about variety of speedometer-recorder systems on track vehicles in all of six countries of ex Yugoslavia. The solution for this problem is a unification of speedometer-recorder systems. There will be present one quality solution for unification of speedometer-recorder systems according the real requirements for track vehicles into all of six countries of ex Yugoslavia. This solution made by firm ALTPRO d.o.o. from Zagreb in cooperation with German firm DEUTA-WERKE. This system is one optimal system for all kind of track vehicles. The content of the following article is description and technical introduction of this optimal speedometer-recorder system.*

Key words – railway, Deuta, speedometer, recorder

XI ŽELKON '04 RAILCON '04 2004

НЕЛИНЕАРНЕ ПОЈАВЕ У ЧВРСТОЋИ КОНСТРУКЦИЈЕ ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА- АПРОКСИМАТИВНЕ МЕТОДЕ

Надежда Шубара [1], Радоје Лишанин [2]

***Резиме**: Савремена наука о чврстоћи, у овом случају код железничких возила, ослања се углавном на линеарну теорију одређивања напона. Такви прорачуни су непрецизни и не могу да формирају реалну напонско деформабилну слику за прописана оптерећења. Прецизност инжењерских прорачуна може се постићи узимањем у обзир и нелинеарних појава применом бројних апроксаиматичних метода.*

У овом раду приказане су неке од апроксимативних метода при узимању у обзир одређене физичке нелинеарности и замор материјала конструкције.

Кључне речи: Железничка возна средства, временска чврстоћа, безбедни век.

1. УВОД

Деформације и оштећења елемената механичких система железничких структура, услед великог броја степена слободе осциловања, променљивости радних услова, брзине и времена кретања одређеним брзинама., специфичне су и могу се само генерализовати [1]. Услови деформисања, оптерећеност сувишном масом, знатна поузданост, техничким и могућностима комфора итд., захтевају комплексније прорачуне граничних стања чврстоће носећих структура. Структурне анализе ослоњене на принцип прорачуна линеарног напонско деформабилног стања, дакле, морају укључити и неке нелинеарне проблеме. Обухватање свих нелинеарности (конструктивних, физичких и геометријских) је сложен процес, а необухватање (чисто линеарна теорија чврстоће) доводи до веома искривљене напонско деформабилне слике и немогућности одређивања поузданости и века.

2. ОБЛИЦИ НЕЛИНЕАРНОСТИ КОД ЖЕЛЕЗНИЧКИХ СТРУКТУРА

Процес кретања. шинских возила по еластичном колосеку директним додиром неогибљених челичних точкова и челчних шина, чак и код идентичних серија, доводи до појаве конструктивних, физичких и геометријских нелинеарности и до замора материјала.

За конструктивну нелинеарност карактеристичне су промене карактера понашања или узајамног дејства у елемената у процесу деформисања. Везује се за проблем контакта точке и шине, губитак стабилности оплате, закритичне деформације, разарање услед недовољње чврстоће и заморне ломове, заостале напоне услед технолошке обраде и заваривања и др.

За физичку нелинеарност везују се нелинеарне промене у облику пузања материјала и пластичност.

Геометриску нелинеарност карактерише нелинеаран однос делујућих сила, деформација и напона. Јавља се у облику великих угиба при сложеним оптерећењима, великих почетних угиба у поређењу са дебљином елемента, великих померања конструкције, статичка стабилност (мала промена карактера деформације при малом-докритичном оптерећењу) и др. Геометријска стабилност код сложених железничких структура, мора се израчунати и проверити приликом испитивања чврстоће носеће структуре (сила притиска 2000 kN 2x1000 kN и вертикално оптерећење). Разарање услед замора настаје њчешће постепено када се радни напони у конструкцији нађу у пластичној области. Зато је потребна дефиниција интеракције променљивости спољашњег оптерећења и временске чврстоће. То значи увођење критеријума акумулације оштећења, имајући у виду да ломови не настају увек када се у процесу рада дозвољени напони прекораче више пута.

У сложеним структурама шинских возила истовремено се могу јавити сви облици нелинеарности, или њихове комбинације (губитак стабилности и закритична деформација оплата савремених путничких возова само у екстремним случајевима). Овде се даје акценат на формирању реалне напонско деформабилне слике за физичке нелинеарности и замор натеријала.

3. ФОРМИРАЊЕ РЕАЛНЕ НАПОНСКЕ ДЕФОРМАБИЛНЕ СЛИКЕ

Реална напонска деформабилна слика садржи део који се базира на постулатима линеарне теорије чврстоће и део који се односи на нелинеарно подручје, а формира се применом хипотеуа многих аутора (Ludvik, Vos, Svift, Prager). Имајући у виду да су железничка возна средства заварене структуре, то су и изражене појаве различитих облика нелинеарности: пластичност, пузање материјала, заморне прскотине, заостали напони, губитак стабилности оплате и др. Неки облици нелинеарности су више истражене, а овде се даје акценат на физичке и на појаву замора (актуелно за повећане брзине и карактер оптерећења).

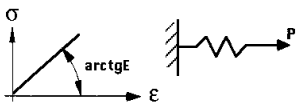
За израчунавање физичке нелинеарности код прорачуна чврстоће железничких конструкција, постоји широки спектар метода (посебно у последње време). Већина су очигледни итерационе процедуре преласка од једног корака ка следећем, укључујући начелно и

[1] др Надежда Шубара, дипл.маш.инж., научни сарадник, Виша железничка школа, Београд, Здравка Челара 14
[2] др Радоје Лишанин, дипл.маш.инж. редовни професор, Институт “Кирило Савић”, Београд, Војводе Степе 51

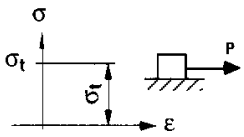
линеарни проблем.

Итерационе методе које у процесу решавања користе константне коефицијенте доводе до наизменичности система линеарних алгебарских једначина са константним матрицама. Методе са променљивим коефицијентима доводе до модификирања матрице на сваком кораку, односно прирасту. То доводи и до вишезначности решења, усложњавања алгоритма прорачуна и већег потребног времена рада. Метода коначних елемената поседује највећу општост и прилагодљивост у третирању проблема нелинеарности. Решавање садржи и довољну практичну применљивост, како са аспекта поставке и дискриетизације конкретних облика нелинеарности, тако према применљивости, значајног искуства у примени и усавршавању итерационих алгоритама и обради резултата. Итерациони методи рачуњања засновани на методи коначних елемената били су сконцентрисани на проблеме теорије пластичности, а тек се у новије време проширују на проблеме пузања. Познато је да теорија пластичности изучава методе оређивања напона и деформација код потпуно, или делимично пластично деформисаног тела. Аналогно еластичности, неопходно је саставити једначине равнотеже и геометријске једначине, а такође и експериментално одредити зависност напона од прираштаја деформација $\Delta\varepsilon$. Овде највећи проблем јесте испитивање оптерећења при којем се један део конструкције деформише пластично, а други еластично. Основне једначине напон-деформација (σ–ε) морају адекватно да дефинишу: еластичне области, услове преласка у пластично стање, што указује на почетак пластичног течења и пластичне области, или напон-прираст пластичне деформације (σ–dε). У неким случајевима релација σ–ε мора да узме у обзир и појаву очвршћавања, мада се овај проблем најчешће занемарује. Базира се и на експериментима спроведеним при једнородном напонском стању, па њихова примена за сложена напонска стања условљена је посебном експерименталном верификацијом. Стварна релација σ–ε зависи и од брзине деформације и температуре и зато је потребно експериментално утврдити криву σ–$\dot{\varepsilon}$ за услове коришћења у сваком разматраном случају.

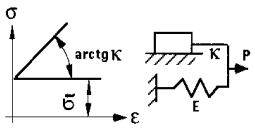
За добијање решења једначине често је неопходно идеализовати дијаграм зависности σ–ε, а у неким случајевима могуће је заменити еластичне деформације са очвршћавањем. Код било које идеализације дијаграма σ–ε, увек је потребно испитати резултате и правилно дефинисати област примене решења. На слици 1. приказани су идеализовани дијаграми за једноосно напонско стање и њихови динамички модели. Издужење опруге пропорционално сили што карактерише еластични материјал приказано је на сл. 1.1. Сагласно слици 1.2. између тела и подлоге остварује се суво трење, а тело се покреће тек када сила достигне неку одређену, критичну вредност. Надаље се креће дејством константне силе једнаке критичној вредности. Остали дијаграми σ–ε јављају се код комбинације ових двају основних модела. Недостатак оваквог моделирања јесте, што се приликом растерећења (од максималне вредности до нуле) не добија представа о истинском понашању материјала (ефекат Баушингера, хистерезис).



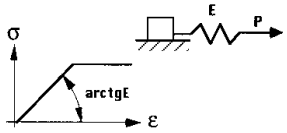
Слика 1.1. Шематски дијаграм за идеално еластичан динамички модел



Слика 1.2. Шематски дијаграм за идеално пластичан динамички модел

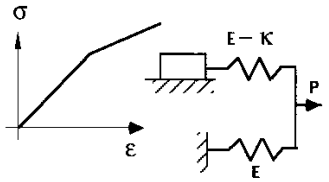


Слика 1.3. Шематски дијаграм за динамички модел пластичан са линеарним очвршћавањем

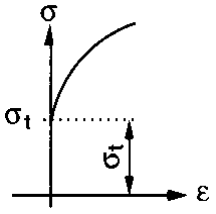


Слика 1.4. Шематски дијаграм за

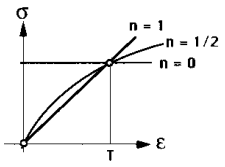
идеално еласто-пластичан динамички модел



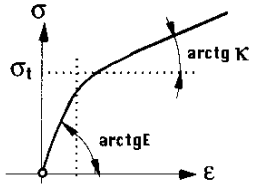
Слика 1.5. Шематски дијаграм за динамички модел идеално-пластичан са линеарним очвршћавањем



Слика 2.1. Шематски дијаграм за идеално-пластичан материјал са очвршћавањем



Слика 2.2. Шематски дијаграм за материјал са карактеристичним $\sigma = \kappa \cdot \varepsilon^n$



Слика 2.3. Шематски дијаграм за материјал са очвршћавањем дефинисаног са две линеарне једначине

За описивање проблема пластичности могу успешно послужити следеће емпиријске једначине кривих напон-деформација:

1. Једначина Ludvik-a: $\sigma = \sigma_t + \kappa \cdot \varepsilon^n$ (1)

за два основна случаја:

а) када је n = 1, тада једначина карактерише материјал који остаје апсолутно крут до достизања границе течења, а затим настаје деформација са константним модулом очвршћавања к. Веома је погодна за примену код случајева испитивања пластичности при хладној деформацији (приказано на слици 1.3.).

б) када је $0 \le n \le 1$, једначина се може применити уколико се могу занемарити еластичне деформације материјала (приказано на слици 2.1.). Случај када је граница течења материјала $\sigma_t = 0$ приказан је на слици 2.2. Како је за све вредности $n \neq 1$ $d\sigma/d\varepsilon$ бесконачно, значи да се овај случај не може примењивати.

2. Једначине које за дефинисање криве σ–ε садрже две или више линеарних једначина, а за случај на слици 2.3. јесу:

$$\sigma = \begin{cases} E \cdot \varepsilon & za \ \ 0 \le \sigma \le \sigma_t \\ \kappa \cdot \varepsilon & za \ \ \sigma \ge \sigma_t \end{cases} \quad (2)$$

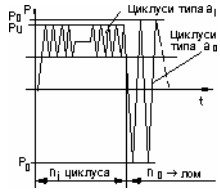
Овде је Е-модул еластичности, а к модул очвршћавања (тангенцијални одул, модул пластичности).

3. Једначина Vos-a: $\sigma = a + (b-a)\left[1 - e^{(-n \cdot \varepsilon)}\right]$ (3) где су a, b и n константе. У теоријским прорачунима се ретко користи једначина Vos-a због своје сложености.

4. Једначина Svift-a: $\sigma = c\,(a-\varepsilon)^n \quad 0 \le n \le 1$ (4) где су c, к и n константе које зависе од материјала.

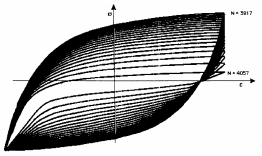
5. Једначина Prager-a: $\sigma = \sigma_t \cdot tg\left(\frac{E \cdot \varepsilon}{\sigma_t}\right)$ (5) која се може применити за случајеве када се крива очвршћавања јавља као функција тангенса деформација.

Наведених пет типова једначина су најраспространенији у теорији пластичности. Код решавања проблема везано за појаву замора материјала (који још увек у физичком смислу није дефинисан) временска чврстоћа услед замора материјала уобичајено се везује за истраживање косог дела Wöler-ове криве замора у логаритамским координатама (lnσ-lnN), где је m = tgα- параметар криве [2] и за Палмгрен-Мајнеров закон линеарног сумирања оштећења. У циљу процене века услед замора до појаве видљиве прскотине, експлоатациони режим оптерећења се своди на еквивалентни стационарни који разара конструкцију приближно исто као и радни [1] сумирањем оштећења при свакој од брзина. Примена теорије збирног оштећења на реалне процесе оптерећења захтева поделу било каквог реалног оптерећења на поједине циклусе, за добро претпостављен модел. Проблем може бити решив уколико се узму у обзир емпиријске теореме из експерименталних истраживања издржљивости материјала. Значи да је могуће узети петљу хистерезиса као показатељ оштећења услед замора. Механичке петље хистерезиса σ(ε) или P(Δ*l*), након почетног деформационог феномена ојачавања и слабљења цикличне деформације постају скоро стабилне (Berstou 1911). За време затвореног циклуса између две силе Poi и P ui (слика 3) затворене петље имају исту ширину и локално произведу једнаке деформације унапред и уназад.



Слика 3. Број циклуса напона до лома Ni узорка одређен само од циклуса типа аі нижег напона циклуси типа ао са бројем циклуса по (виши напон амплитуде максималног оптерећења Ро) иклуси типа аі са бројем циклуса пі (нижи напон-амплитуда минималног оптерећења Ри).

Када су тачке оптерећења смештене једна испод друге величина локалне пластичне деформације зависи само од амплитуде петље хистерезиса, а не и од средњег оптерећења. За овакав облик механичких петљи хистерезиса реалне процесе оптерећивања није потребно делити на појединачне затворене циклусе познатог средњег оптерећења и амплитуде. За случај присутних прскотина (од производње или заморних) које се наизменично отварају и затварају, врх прскотине јесте оптерећенији када је прскотина отворена. Тада ће циклуси познате амплитуде и средњег оптерећења произвести највеће оштећење или прскотине. Прскотине се надаље отварају када циклуси почињу од крака наниже "великог" циклуса између максималне силе Ро и минималне и Ри. Тачке са екстремним вредностима напона за време укупне деформације, након промене знака локалних напона, прве ће претрпети пластичну деформацију и деформацију макроскопског оптерећења.



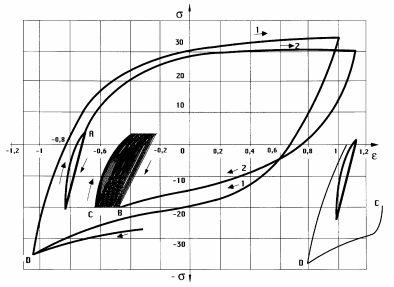
Слика 4. Понашање деформације услед периодичног оптерећивања глатког облог узорка од жилавог материјала у експерименту са контролом деформације, са константном амплитудом и средњом деформацијом, за време ширења прскотине.

Најтеже оптерећене тачке напону затезања елемента или узорка изложене су у делу навише великог циклуса између Ро и Ри. Пошто напон затезања потпомаже образовање почетних прскотина услед замора, највеће оштећење изазваће циклус са константном амплитудом и средњим оптерећењем када полази из дела навише великог циклуса. Проблеми при извођењу експеримента су начин симулирања реалног спектра оптерећења и начин дефинисања стања замора у циљу математичке реализације и одређивања преостале чврстоће (века). Могу се решити постављањем услова да су све петље хистерезиса које припадају појединим циклусима неправилног оптерећивања облика σ= σ (εі) или σ = σ (ε) или P=P(ΔIPі) или P=P(ΔI) и да се налазе унутар највеће

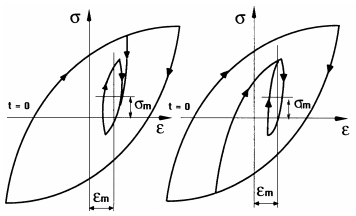
петље хистерезиса која настаје за време читавог тока неправилног оптерећивања. Други услов јесте, да тачна локација појединих петљи хистерезиса, или њихових центара, зависи од претходне путање σ = σ (t)или P = P(t). И коначно, да међусобно независне координате: (σ m, єmPi)) или (σ m, єm) и (Pm, ΔLmPi) или ((Pm, Δlm) припадају, по правилу, геометријском центру сваке појединачне петље хистерезиса.

Ако се вредност оштећења D = 1 додели формирању релативно мале почетне прскотине услед замора а предвиђени век треба да буде на страни сигурности од заморног лома (пројектни критеријум без толеранције оштећења), тада сваки појединачни циклус неправилног оптерећивања треба да се третира као да увек полази са крака навише велике петље хистерезиса између Po и Pu.

Ако се вредност оштећења D = 1 додели лому (постоје велике иницијалне прскотине производње материјала или компоненте) предвиђање преосталог века (у смислу допуне), једино је могућа уколико се сви појединачни циклуси третирају као да полазе из дела наниже велике петље хистерезиса. Међутим, прерана појава велике почетне заморне прскотине уопштено је ипак нејасна. Примена рачунске методе даје најбоље резултате за предвиђање безбедног века само за случај узорка без прскотина. Тада се вредност оштећења D=1 додељује формирању мале почетне прскотине услед замора величине која се може утврдити, а сваки појединачни циклус одређене амплитуде и средњег оптерећења третира се као да увек полази од крака навише великог циклуса између Po и Pu.



Слика 5. Периодична деформација глатког узорка са уочљивим почетком заморне прскотине



Слика 6. Петље хистерезиса једнаких координата централних тачака са различитим стањима унутрашњих напона

Проблем тачности код узорака са зарезом јесте што није сигурно који нормални напони се јављају у области концентрације напона. Чињеница је, дакле, да се разматра само функција напона на макроскопском, а не и стање унутрашњих напона (флуктација на микроскопском нивоу - у величини кристала). Може се решити (E. Gasssner) применом периодичних повратних "пакета" оптерећења пр чему је избегнут проблем "доброг редоследа индексовања" и могућа је примена "пакета оптерећења" истог типа. Овим се "једнаки пакети" математички третирају као појединачни циклуси (ако "једнаки пакети" значе "једнаке путање" и "једнаки почетни услови" за "једнаке пакете"). Путање два једнака "пакета" су сигурно једнаке, ако полазе из исте тачке највеће петље хистерезиса. Безбедни век се може одредити ако је D=1 додељено лому.

4. ЗАКЉУЧАК

Предложени начини за решавање нелинеарних проблема, чак и у садашњим условима техничко-технолошког развоја су и надаље изазов истраживању у области чврстоће. Непозната енергија која није потрошена на промену механичких особина, јесте главни проблем хистерезиса. Примена предложене анализе која користи концепт стабилне петље хистерезиса на реалне случајеве (када се јави рад ојачавања и слабљења код променљивих-продужених и тачно немерљивих петљи), мора се оградити од одређених грешки и приближних резултата. У литератури се не могу пронаћи предлози о томе како се може добити боља апроксимација чак и за физички добро осмишљен прилаз. Ако се у ефектима оштећивања мора узети у обзир учестаност, тада треба усвојити да се циклус са најмањом учестаности јавља у свим циклусима за време читавог тока оптерећивања. Инверзна зависност брзине деформисања од напона $(d\sigma/d\varepsilon) < 0$, је нови проблеми који се за сада не могу дискутовати.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Н. Шубара, "Замор и процена века шинских конструкција", Монографија, Библиотека Посебних издања, Задужбина Андрејевић, Београд, 2003.

[2] Argyris JH, Balmer.H, Doltsinis JS"Mateials Non-linearities in the finite element analysis", ISD-Ber.!974.

NONLINEAR PHENOMENA IN CONSTRUCTION STRENGTH OF RAILWAY VEHICLES – APPROXIMATE METHODS

Nadežda Šubara, Radoje Lisanin

Abstract - *Modern structure strength analysis, for railway vehicles in this case, is mostly based on stress determination linear theory. Such calculations are inaccurate and they cannot show a real stress situation for the prescribed load. The precision of engineering calculations can be achieved by taking nonlinear phenomena into account as well, by application of numerous approximate methods. This paper includes some of those approximate methods when considering certain physical nonlinearity and fatigue of construction material.*

Key words - railway rolling equipment, srenght condition, safe durability.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

O MOGUĆNOSTIMA SMANJENJA BUKE KOD MANEVARSKIH LOKOMOTIVA

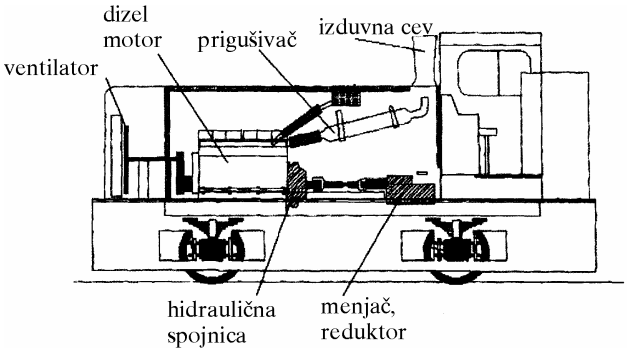
Nenad T. Pavlović [1], Slobodan Jovanović [2], Anica Milošević [3]

Rezime *– Uporedo sa porastom obima železničkog saobraćaja dolazi i do neželjenih pojava: atmosfersko zagađenje, povećanje nivoa buke, ugrožavanje bezbednosti saobraćaja, povećanje potrošnje energije i ugrožavanje životne sredine. Buka koja se javlja kod manevarskih lokomotiva može biti strukturna, vazdušna, infrastrukturna i buka od strukturalnih nepravilnosti. U radu će biti prikazana tehnička rešenja smanjenja nivoa buke kod manevarskih lokomotiva koja se odnose na zaštitu spoljašnje okoline od buke, kao i na redukciju buke unutar kabine manevarske lokomotive.*

Ključne reči - manevarska lokomotiva, buka, motor, kabina

1. UVOD

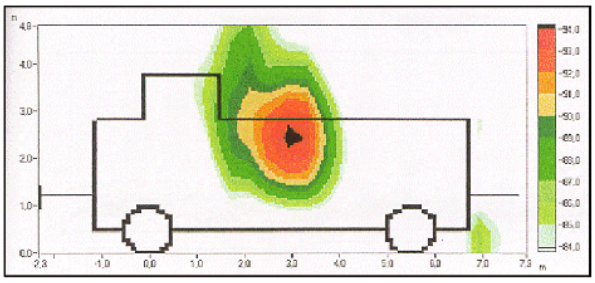
Povećanje nivoa buke, zajedno sa atmosferskim zagađenjem, ugrožavanjem bezbednosti saobraćaja, povećanjem potrošnje energije i ugrožavanjem životne sredine, spada u neželjene pojave koje nastaju usled porasta obima železničkog saobraćaja. Buka koja se javlja kod manevarskih lokomotiva može biti strukturna, vazdušna, infrastrukturna i buka od strukturalnih nepravilnosti. Strukturna buka se javlja usled rada motora, menjača i hidraulične spojnice (slika 1). Vazdušnu buku generišu prigušivač, kompresor, izduvna cev i ventilator hladnjaka. Infrastrukturna buka nastaje usled dodira između točka i šine, odnosno kotrljanja točka po šini. Buka od strukturalnih nepravilnosti nastaje usled defekata sastavnih delova manevarske lokomotive, kao i defekata na šinama. U radu će biti prikazana tehnička rešenja koja se odnose na zaštitu spoljašnje okoline od buke, kao i na redukciju buke unutar kabine manevarske lokomotive.



Slika 1. Uzdužni presek jedne manevarske lokomotive (Y8000 - SNCF)

2. EKSPERIMENTALNO MERENJE NIVOA BUKE KOD MANEVARSKE LOKOMOTIVE

Izvršeno je eksperimentalno merenje pozicije, frekvencije i nivoa zvučnog pritiska svakog izvora buke na manevarskoj lokomotivi Y8000 pomoću akustičnih antena [3] (slika 2).



Slika 2. Identifikacija izvora buke na dizel manevarskoj lokomotivi Y8000 pomoću akustičnih antena [3]

U tabeli 1 dat je prikaz procentualnog učešća svakog izvora buke u ukupnoj buci u stanju mirovanja i stanju kretanja manevarske lokomotive pri brzini v = 30 km/h [3] . Iz tabele 1 se vidi da je u stanju mirovanja najveći izvor buke dizel motor, dok je u stanju kretanja buka kotrljanja najveći izvor buke.

Tabela 1. Procentualno učešće pojedinih izvora buke [3]

	stanje mirovanja (v = 0km/h)	stanje kretanja (v = 30km/h)
dizel motor	85%	42%
menjač	2%	1%
prigušivač	11%	8%
izduvna cev	2%	3%
ventilator hladnjaka	0%	1%
buka kotrljanja	0%	45%

3. STRUKTURNA BUKA

Strukturna buka se javlja usled rada motora, menjača i hidraulične spojnice.

3.1. Buka usled rada motora

Motor sa unutrašnjim sagorevanjem predstavlja višepobudni izvor vibracija i buke. Tu spadaju svi sklopovi i pomoćni agregati pri čijem radu se deo mehaničke i pritisne energije pretvara u energiju talasnog kretanja. To mogu biti primarni zvučni talasi koji se neposredno prenose

[1] Doc. dr Nenad T. Pavlović, Mašinski fakultet Niš, A. Medvedeva 14, 18000 Niš, pnenad@masfak.ni.ac.yu
[2] Asist. mr Slobodan Jovanović, Mašinski fakultet Niš, A. Medvedeva 14, 18000 Niš, slojo@masfak.ni.ac.yu
[3] Asist. mr Anica Milošević, Viša tehnička škola Niš, A. Medvedeva 20, 18000 Niš, mikinb@bankerinter.net

u akustički prostor. Drugi deo ove energije čini energija talasnog kretanja kroz strukturu koja generiše sekundarne talase i pobuđuje modalne oblike većih delova (blok, korito, glava i dr.).

Sve pobude se uopšteno mogu podeliti u tri grupe [4]:

- u prvu grupu spadaju dinamičke sile izazvane radom motora (sile usled pritiska gasa izazvane procesom sagorevanja, neuravnotežene inercijalne sile, promenljivi obrtni momenti, neujednačenost radnog procesa i dr.)
- u drugu grupu spadaju udari usled konstrukcionih zazora (klipni sklop, kolenasto vratilo, sistem razvoda i dr.)
- u treću grupu spadaju pobude koje mogu biti izazvane radom pojedinih podsklopova i komponenata motora (pumpa visokog pritiska, pumpe za vodu i ulje, alternator, torzioni prigušivač, zamajac i dr.)

Da bi se oslabili izvori poremećaja, prigušili putevi prenošenja i smanjila akustička emisija, moguća su sledeća tri osnovna pristupa [1]:

1. smanjenje pobude
   - od procesa sagorevanja,
   - od mehaničkih udara pojedinih komponenata;
2. promena odziva strukture
   - primena materijala sa većim unutrašnjim prigušenjem,
   - primena odgovarajućih izolacionih materijala zidova i poklopca,
   - povećanje krutosti komponenata;
3. primena akustičkih zaštita
   - postavljanje bliskih zaštita zidova bloka i korita (oblaganje),
   - izolovanje motorskog prostora (kapslovanje).

Buka nastala procesom sagorevanja prvenstveno zavisi od konstruktivnih karakteristika motora, i smanjenje nivoa ove buke može se ostvariti na neki od sledećih načina [4]:

- primenom motora sa indirektnim ubrizgavanjem koji imaju manju vrednost stepena porasta pritiska pri sagorevanju, u odnosu na motore sa direktnim ubrizgavanjem,
- kasnijim ubrizgavanjem goriva kod motora sa direktnim ubrizgavanjem,
- primenom nadpunjenih motora, jer nadpunjeni motori imaju manju vrednost spektra pritiska pri visokim i srednjim frekvencijama,
- povećanjem cetanskog broja dizel goriva,l
- primenom klipova koji imaju kontrolisano termičko širenje,
- izbacivanjem ose osovinice iz ose klipa u smeru normalne sile za vreme hoda ekspanzije,
- poboljšanjem procesa sagorevanja koji omogućavaju formiranje kompaktnije smeše, što utiče na smanjenje perioda pritajenog, a naročito neregulisanog sagorevanja,
- povećanjem temperature vazduha u trenutku ubrizgavanja skraćuje se period pritajenog sagorevanja, a time i buka motora,
- stepen kompresije kao bitan konstruktivni parametar utiče na nivo buke - motori sa manjim stepenom kompresije izazivaju manju buku,
- vihornim formiranjem smeše poboljšava se kvalitet sagorevanja, a time smanjenje i nivoa buke, kao i emisije štetnih sastojaka izduvnih gasova.

Nivo mehaničke buke zavisi od radnih uslova i mehaničkih osobina motora. Buka ventilskog mehanizma može se smanjiti obezbeđenjem male brzine pri naleganju ventila na sedište ventila, kao i smanjenjem zazora. Smanjenje buke zupčanika razvoda može se postići poboljšanjem kvaliteta obrade površina i smanjenjem zazora. Buka koje emituju spoljašnje površine motora (oko 50% od ukupnog nivoa buke motora), može se smanjiti odgovarajućim konstruktivnim rešenjem kao što su [1]:

- ukrućenjem korita motora pomoću odgovarajućih rebara,
- primenom masivnih prirubnica,
- elastičnom vezom korita i bloka motora,
- korišćenjem visokoelastičnih prigušnih materijala,
- izradom poklopaca od čeličnog lima,
- ukrućenjem bloka motora,
- adekvatnim dinamičkim uravnoteženjem pokretnih delova i oscilatornih masa.

Blok dizel motora se najčešće izrađuje od konvencionalnih sivih livova (SL) sa lamelarnim grafitom, za koje se smatra da imaju sposobnost prigušenja zvučnih talasa. Pokazano je da se prigušena sposobnost sivog liva poboljšava legiranjem sa aluminijumom. U tabeli 2 [2] su za neke vrste livova prikazane uporedne vrednosti sposobnosti prigušivanja za uzdužne i poprečne vibracije merene kao funkcija logaritamskog dekrementa.

Tabela 2. Uporedne vrednosti sposobnosti prigušivanja [2]

Vrsta liva	Logaritamski dekrement 10^{-4}	
	uzdužno	poprečno
Nodularni liv	8	5
Sivi liv sa srednjom veličinom lamela	47	19
Sivi liv sa grubim lamelama grafita	120	59
Sivi liv sa 6% aluminijuma	185	85
Sivi liv sa 20% aluminijuma	268	266

Pošto je logaritamski dekrement direktno proporcionalan specifičnoj sposobnosti prigušivanja materijala, to se iz tabele 1 vidi da najbolju prigušnu sposobnost ima SL legiran sa 20% aluminijuma, a zatim SL sa 6% aluminiujma. Pored vrlo dobrih prigušnih karakteristika ova legura omogućuje livenje veoma tankozidnih delova velike čvrstoće bez karbida, što ovu leguru čini privlačnom tamo gde je potrebno zadovoljiti nivo zahtevne buke.

Ugradnjom savremenih motora koji su optimizirani u akustičkom smislu, može se ostvariti značajna redukcija buke kod manevarskih lokomotiva. Na primer, kod manevarske lokomotive Y8000 ako se umesto standardnog POYAUD motora ugradi nov RVI Euro 2 motor može da se ostvari redukcija buke od 11 dB [3].

4. VAZDUŠNA BUKA

Vazdušnu buku generišu prigušivač, kompresor, izduvna cev i ventilator hladnjaka.

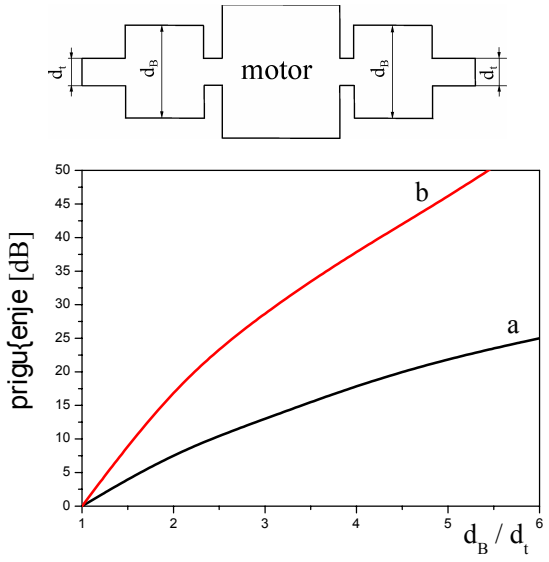
4.1. Buka izduvnog sistema

Buka izduvavanja predstavlja jedan od najdinamičnijih izvora buke kod manevarske lokomotive. Ona nastaje oslobađanjem produkata sagorevanja pod pritiskom iz cilindara motora i bitno zavisi od tipa i konstrukcije motora, režima rada motora, tipa izduvnog lonca kao i dužine izduvnog cevovoda. Buka izduvnog sistema sastoji se od: buke koja se emituje sa površine izduvnog sistema prouzrokovana promenama amplituda pritiska gasova u samom sistemu, i buke pražnjenja prouzrokovana promenom pritiska i brzinom strujanja izduvnih gasova.

Emitovana buka izduvnog sistema može se smanjiti [2]:

- poboljšanjem konstrukcije ili novom konstrukcjiom izduvnog lonca,
- primenom odgovarajućih prigušivača,
- odgovarajućim odnosom prečnika izduvnog lonca i izduvnog cevovoda,
- primenom dvostrukih zidova izduvnog sistema sa azbestnim slojem između njih.

Najefiksniji način za smanjenje nivoa buke usisnog i izduvnog sistema je primena odgovarajućih prigušivača (prečistač vazduha i izduvni lonac), kao i odgovarajućim odnosom prečnika prigušivača i cevi usisnog, odnosno izduvnog sistema. Na slici 3 [2] se može videti nivo smanjenja buke usisnog i izduvnog sistema u zavisnosti od odnosa prečnika prigušivača i cevi, pri čemu se može videti da se sa povećanjem odnosa $\mathbf{d_B/d_t}$ povećava prigušenje.



*Slika 3. Nivo smanjenja buke kod usisnog sistema (kriva **a**) i izduvnog sistema (kriva **b**) [2]*

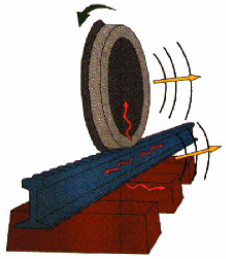
4.2. Buka ventilatora hladnjaka

U sistemu za hlađenje motora najznačajniji izvor buke predstavlja ventilator, naročito kod optimizacije strujnih uslova, koji se rešavaju na ulazu, odnosno izlazu iz ventilatora. Takva situacija nastaje najčešće u slučajevima kada se predviđen broj obrtaja ventilatora pokaže kao nedovoljan pa ga treba povećati, pri čemu dolazi do povećanja obimne brzine što je praćeno povećanjem nivoa buke. Da bi se uticalo na smanjenje ove buke koriste se pogoni ventilatora gde ventilator nije stalno uključen u sistemu hlađenja kao npr. elektropogon ili viskozni pogon.

Ugradnjom novih ventilatora sa optimizovanom geometrijom u akustičkom smislu može se postići značajnija redukcija buke. Primenom novih ventilatora kod manevarske lokomotive Y8000 dobija se smanjenje redukcije buke za četvrtinu [3].

5. INFRASTRUKTURNA BUKA

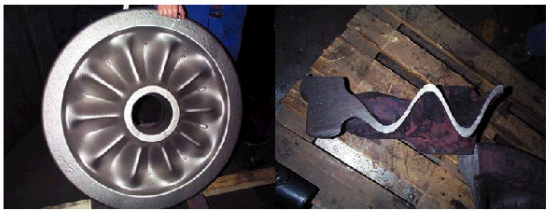
Infrastrukturna buka nastaje usled dodira između točka i šine, odnosno kotrljanja točka po šini (slika 4). Nivo buke zavisi od hrapavosti površine točka i šine.



Slika 4. Generisanje infrastrukturne buke [6]

Načini za smanjenje infrastrukturne buke su:

- periodično održavanje točkova kako bi njihova površina ostala u dobrom stanju,
- umetanjem kompozitnih kočionih papuča [5] može se postići redukcija buke do 4.5dB pri brzini od 40km/h,
- posebnim oblikovanjem točkova - oblikom točka sa slike 5 [7] postiže se redukcija buke oko 2dB,



Slika 5. Poseban oblik točka koji generiše manju infrastrukturnu buku [7]

- umetanjem dinamičkih prigušivača na šinama [8] (slika 6) može da se postigne redukcija buke 5-7dB.

Slika 6. Dinamički prigušivači na šinama [8]

6. REDUKCIJA BUKE U KABINI MANEVARSKE LOKOMOTIVE

Rešenja prikazana u prethodnim odeljcima koja se odnose se na zaštitu spoljašnje okoline od buke, uspešna su i za redukciju buke unutar kabine manevarske lokomotive.

Pored njih, postoje i druga rešenja koja se mogu primeniti za redukciju glavne buke koja potiče od noseće konstrukcije lokomotive [3].

Najuspešnije rešenje za redukciju buke je presecanje veze između rama lokomotive i kabine, tj. odvajanje pomoću gumenih i antivibracionih elemenata. U tom slučaju nivo zvučnog pritiska je za oko 15dB niži. Ova modifikacija je dosta složena, pa se primenjuje rešenje koje se sastoji od u izolovanju poda kabine.

Na isti način, odvajanjem od rama spojnice dizel motora, menjača, reduktora i dr. može se postići redukcija. Na primer, simulacije su pokazale da ćemi imati smanjenje buke od 7dB ukoliko je motor odvojen od rama posebnim podmetačem.

Prigušivač na izduvnoj grani je glavni izvor buke za kabinu, te se ta buka mora smanjiti. Sa novim prugušivačem kod koga su proizviđači uzeli u obzir i zvučne karakteristike, dobija se 3-4dB redukcije.

Izolacija kabine se primenjuje da sačuva vozača od buke kotrljanja. Nivo zvučnog pritiska smanjuje se za 5dB pri 60km/h ako se koriste apsorbujući materijali u zidovima i na vratima.

7. ZAKLJUČAK

Istraživanje procesa nastajanja buke kod manevarskih lokomotiva u cilju smanjenja buke i očuvanja životne sredine predstavlja vrlo složen problem. Od svih osnovnih komponenata, najveći uticaj na opšti nivo buke ima motor koji je u direktnoj vezi sa ostalim komponentama, pa sva optimalna tehnička rešenja u pogledu smanjenja buke motora odražavaju se povoljno i na uticaj ostalih komponenata. Takođe, buka kotrljanja ima dominantan udeo u ukupnoj buci u stanju kretanja manevarske lokomotive. Osim njih, menjač, prigušivač, izduvna cev i ventilator hladnjaka takođe predstavljaju relevantne izvore buke kod manevarskih lokomotiva.

U ovom radu su predložena neka tehnička rešenja koja omogućuju smanjenje buke kod manevarskih lokomotiva. Međutim, ukoliko se radi rekonstrukcija manevarskih lokomotiva, onda treba iskoristiti priliku da se zameni određena oprema i modifikuje struktura u cilju smanjenja buke. Najveći efekat smanjenja buke dizel motora postiže se zamenom standardnog motora savremenim motorom koji je optimizivan u akustičkom smislu. Primenom novih ventilatora sa optimizovanom geometrijom u akustičkom smislu može se postići redukcija buke za četvrtinu.

U cilju poboljšanja uslova rada, neophodno je da se povede računa o komforu unutar kabine mašinovođe, pa treba voditi računa da se i u kabini smanji nivo buke koliko god je to moguće.

LITERATURA

[1] Petrović,P.: "Mehanizam generisanja i prostiranja buke dizel motora", XVI jugoslovenska konferencija "Buka i vibracije 1998", Niš, 1998.

[2] Radojević,N., Gligorijević,R., Janković,S., Jevtić,J., Vidanović,G.: "Smanjenje nivoa buke dizel motora", XVII jugoslovenska konferencija "Buka i vibracije 2000", Niš, 2000.

[3] Poisson,F., Loizeau.T.: "Noise reduction of shunters in driving cabs and outside", The World Congress on Railway Research WCCR 2001, Köln, Germany.

[4] Petrović,P., Borak,Đ.: "Uticaj procesa sagorevanja na pobudu buke dizel motora", XVIII jugoslovenska konferencija "Buka i vibracije 2002", Niš, 2002.

[5] Minary,B., Poisson,F.P., Chabas, J.C.: "The SNCF urban logistic concepts and its technological means", The World Congress on Railway Research WCCR 2003, Edinburgh, Scotland.

[6] Hardy,A.E.J., Cawser,S.J., Jones, R.R.K.: "Advanced signal processing techniques for the acoustic detection of track and vehicle detects", The World Congress on Railway Research WCCR 2003, Edinburgh, Scotland.

[7] Schulte-Werning,B., Beier,M., Berlitz,T., Grütz,H.P., Hauser,A., Klockow,T., Köhler,T.: "Researsch subjects of DB to improve environmental friendliness of railway traffic", The World Congress on Railway Research WCCR 2003, Edinburgh, Scotland.

[8] Poisson,F., Dieleman,L.: "Noise of railway steel bridges: a complete study", The World Congress on Railway Research WCCR 2003, Edinburgh, Scotland.

[9] Zarkov,B.: "Zaštita od buke kod železničkih vozila", diplomski rad, Mašinski fakultet Niš, 2003.

POSSIBILITIES OF NOISE REDUCTION ON THE SHUNTERS

Nenad T. Pavlović, Slobodan Jovanović,
Anica Milošević

Abstract *– Increasing of the volume of railway traffic also causes undesirable occurrences: atmospheric pollution, increasing of noise level, menace of traffic safety, increasing of energy consumption and environmental menace. The noise appearing on the shunters can be structural noise, air noise, infrastructural noise and the noise from structural irregularity. In this paper we shall present technical solutions for noise level reduction on the shunters that refer to environmental protection from noise, as well as noise level reduction inside the driving cab of shunter.*

Key words – shunter, noise, motor, driving cab

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

ODBOJNICI I VUČNA OPREMA SA METALOGUMENOM OPRUGOM

Ivan Puletić [1], Zoran Marković [2], Žarko Ćirić [3], Slobodan Panajotović [4]

Rezime *– U dosadašnjoj proizvodnji lokomotiva i vagona ugrađivani su odbojnici sa čeličnim prstenastim ili spiralnim oprugama. Sedamdesetih godina prošlog veka počinju da se izrađuju odbojnici sa metalogumenim oprugama sa mnogo boljim karakteristikama: niža cena, manja težina, jeftinija opremu za proizvodnju, lakši način održavanja, pakovanja, prevoza i drugo. Cilj ovog rada je da ukaže na mogućnosti domaće industrije u proizvodnji odbojne i vučne opreme sa metalogumenom oprugom i na prednosti njihove primene kod železničkih vozila.*

Ključne reči – železnička vozila, odbojnik, vučna oprema, metalogumena opruga

1. UVOD

Odbojnici i vučna oprema u klasičnom izvođenju, sa čeličnim (prstenastim) oprugama su standardni delovi lokomotiva i vagona. Metalogumene opruge (MGO) su, kao zamena za čelične opruge, uvedene u praksu sedamdesetih godina prošlog veka, najpre u Francuskoj, a zatim u Italiji, Nemačkoj, Bugarskoj itd.

Osnovne prednosti odbojnika i vučne opreme sa MGO u odnosu na klasične su niža cena, veća trajnost, lagana ugradnja, kao i nemogućnost blokiranja opruge.

Proizvodnja odbojnika i vučnih oprema sa MGO u fabrici MIN AD "SVRLJIG" do sada je podrazumevala uvoz MGO i ugradnju u domaća kućišta. Na osnovu stečenog iskustva MIN AD "SVRLJIG" iz Svrljiga u dugogodišnjoj proizvodnji odbojnika sa prstenastim ili MGO oprugama i iskustva Fabrike tehnička guma TIGAR iz Pirota u proizvodnji gumenih i gumenometalnih elemenata ogibljenja pokrenut je projekat izrade odbojnika i vučne opreme sa domaćim MGO.

Projekat obuhvata sledeće faze:

- projektovanje (izrada tehničke dokumentacije sa tehničkim specifikacijama)
- izrada uzoraka MGO (definisanje sastava gume i tehnologija izrade)
- ispitivanje uzoraka MGO i odbojne i vučne opreme
- verifikacija proizvoda
- validacija proizvoda.

Projekat je usmeren na osvajanje proizvodnje sledećih proizvoda:

- odbojnik hoda H=105mm, klase A sa metalogumenom (MG) oprugom TIGAR PIROT,
- odbojnik hoda H=105mm sa klinom, klase A, sa MG oprugom TIGAR PIROT,
- odbojnik hoda H=105 klase B, sa MG oprugom TIGAR PIROT,
- odbojnik hoda H=105 sa klinom, klase B, sa MG oprugom TIGAR PIROT,
- vučna oprema sa MG oprugom.

2. TEHNIČKI ZAHTEVI

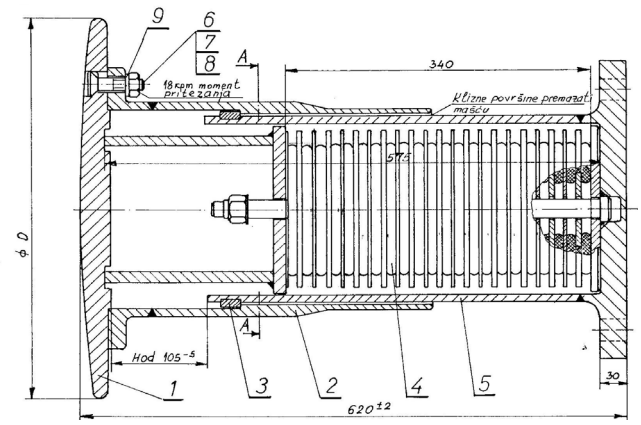
Osnovni tehnički zahtevi za odbojnu i vučnu opremu sa metalogumenom oprugom su:

- Geometrijske mere
- Mehanička svojstva metalogumene opruge od butil gume
- Mehanička svojstva kod ispitivanja statičkom silom
- Mehanička svojstva kod ispitivanja odbojnika pri naletanju
- Mehanička svojstva kod ispitivanja statičkom silom posle trajnog dinamičkog opterećenja

Osnova za definisanje tehničkih zahteva su sledeći standardi:

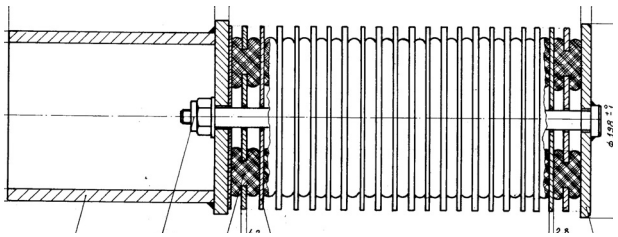
UIC 526	DIN 53 505
UIC 527	DIN 53 504
ST 95	DIN 53 517
STM 804	JUS G.S2.125
JŽ 201/01 uputstvo	JUS.G:S2.131
JUS PF4 240	

Geometrijske mere odbojnika i vučne opreme su definisane u tehničkoj dokumentaciji. Na slici 1 prikazan je sklopni crtež odbojnika sa gumenom oprugom A 30 kJ, na slici 2 crtež paketa metalogumene opruge i na slici 3 prikazan je crtež elementa metalogumene opruge.

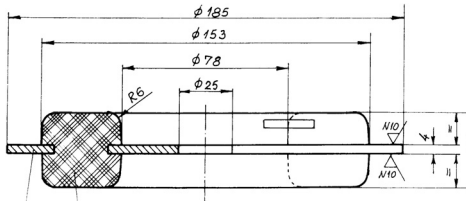


Slika 1 Odbojnik sa gumenom oprugom A 30 kJ

[1] Dipl. ing. Ivan Puletić, MIN Holding Co AD "SVRLJIG", D. Trivunca 31, 18360 Svrljig, minsvrljig@bankerinter.net
[2] Dipl. ing. Zoran Marković, MIN Holding Co AD "SVRLJIG", D. Trivunca 31, 18360 Svrljig, minsvrljig@bankerinter.net
[3] Žarko Ćirić, AD za proizvodnju gumenih proizvoda TIGAR, Nikole Pašića 213, 18300 Pirot, z.ciric@tigar.com
[4] Slobodan Panajotović, AD za proizvodnju gumenih proizvoda TIGAR, Nikole Pašića 213, 18300 Pirot, s.panajot@tigar.com

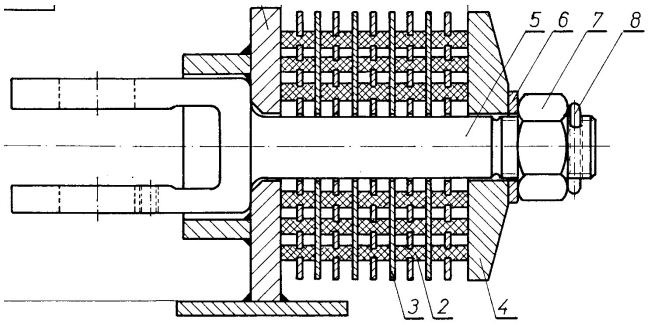


Slika 2 Paket metalogumene opruge



Slika 3 Element gumene opruge

Na slici 4 prikazan je sklopni crtež vučne opreme sa metalogumenom oprugom. Razlika opruge za odbojnike klase B u odnosu na oprugu za odbojnike klase A je u broju metalogumenih segmenata odnosno u količini gume. Razlika opruge vučne opreme u odnosu na opruge za odbojnike je u geometriji segmenata i količini gume.



Slika 4 Vučna oprema sa gumenom oprugom

2.1. Mehanička svojstva metalogumenih opruga od butil gume

Gumeni elementi u sastavu vučne i odbojne opreme su izloženi specifičnim naprezanjima (udarna i intenzivna opterećenja) i zbog toga su zahtevi za kvalitetom gume izuzetno kompleksni. Nakon definisanje geometrijskih mera, određivanja kvaliteta gume i izrade uzoraka izvršena su ispitivanja mehaničkih svojstava odbojnika klase A i klase B i vučne opreme izrađenih od butil gume. U tabeli 1 navedene su karakteristike gume koje su ispitivane u okviru osvajanja proizvodnje metalogumenih opruga za vučnu i odbojnu spremu i standardi koji definišu te parametre a u tabeli 2 su navedene propisane dozvoljene granične vrednosti.

Tabela 2 Dozvoljene granične vrednosti mernih parametara gume

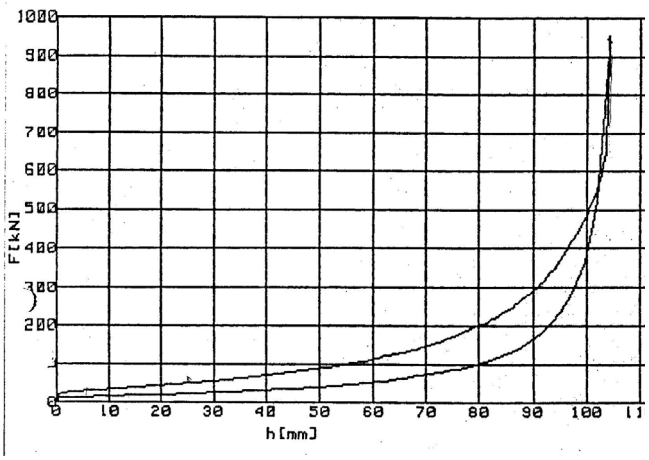
Nazivni parametri za Tabelu 1			pre starenja	posle starenja
a_n	Tvrdoća DICD	D	$70^{\pm 3}$	$75^{\pm 3}$
n	Čvrstoća izduženja	R; Av	11,5÷13,5	min 11,0
o	Modul pri 200% izduženja	M	6÷7	
P	Zaostala deformacija od 25%			
	za 24 sata, 70oC	DRC≤25%	max 25%	-
q	Zaostala deformacija od pritiska 25% za 24 sata na -30ºC mereno nakon 3 min na +30º C	DRC≤25%	max 25%	
r	Odskočna elastičnost		min 6	min 6

Tabela 1 Karakteristike gume koje su ispitivane u okviru projekta

Modul pri 200% izduženja	ISO 37	Mvrednost prema dokumentaciji iz saglasnosti za proizvodnju ±15% Nakon stajanja 7 dana na 70ºC $\frac{\Delta M * 100}{M} \leq 20\%$
Zaostala deformacija od pritiska 25%za vreme od 24 sata na 70ºC	ISO 815	DRC≤25%
Zaostala deformacija od pritiska 25% za vreme od 24 sata na –30ºC mereno nakon 3 min. Mirovanje na 30ºC (1)	ISO 1653	DRC≤25%
Odskočna elastičnost	ISO 4662	Vrednost prema dokumentaciji iz saglasnosti za proizvodnju ±15%

2.2. Mehanička svojstva kod ispitivanja odbojnika statičkom silom

U okviru projekta izvršena su ispitivanja mehaničkih svojstava odbojnika klase A i klase B prilikom dejstva statičke pritisne sile. Ova ispitivanja se sprovode na presi koja ima ugrađenu odgovarajuću mernu opremu za registrovanje podataka o veličini sile i hodu. Na slici 5 prikazan je izgled jednog mernog zapisa sila-hod sa ispitivanja odbojnika klase A pod dejstvom statičke pritisne sile koje je izvršeno na Mašinskom fakultetu u Nišu.



Slika 5 Merni zapis sila-hod sa ispitivanja odbojnika klase A pod dejstvom statičke sile

Ocena izmerenih veličina sila, hoda i energija za odbojnike hoda 105 mm klase A vrši se prema standardu UIC 526-1 OR prema sledećim kriterijumima:

- sila za hod H=25 30 <F25<130 [kN]
- sila za hod H=60 100 <F60<400 [kN]
- sila za hod H=100 400 <F100<1000 [kN]
- akumulirana energija We We ≥ 12,5 [kJ]
- odnos Wa/We Wa/We ≥ 0,50

Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 3. U tabeli su dati podaci sa ispitivanja koja su izvršena u Francuskoj AVON SPENCER MOULTON (ASM) za četiri ispitivana odbojnika njihove proizvodnje i za dva ispitivana odbojnika koja su tretirana na Mašinskom fakultetu za elemente proizvodnje TIGAR.

Tabela 3. Mehanička svojstva kod ispitivanja statičkom silom odbojnika klase A

OPTEREĆENJA	Uslovi u normi UIC 526-1 OR	Odbojnik n°7 ASM	Odbojnik n°8 ASM	Odbojnik n°9 ASM	Odbojnik n°10 ASM	Odbojnik n°1 TIGAR	Odbojnik n°2 TIGAR
Sila za hod od 25 mm (u kN)	>30 <130	35	35	40	35	40	45
Sila za hod od 60 mm (u kN)	>100 <400	100	115	110	105	110	125
Sila za hod od 100 mm (u kN)	>400 <1000	725	925	710	650	620	700
Akumulirana energija We (kJ)	>12,5	13,7	16,5	13,9	13,6	15,3	18,7
Odnos Wa/We	>0,50	0,60	0,66	0,60	0,62	0,56	0,54

2.3. Mehanička svojstva kod ispitivanja vučne opreme statičkom silom

Postupak ispitivanja metalogumene opruge vučne opreme izvršena je na istovetan način na hidrauličnoj presi.

Uslovi ispitivanja i ocena izmerenih veličina sila, hoda i energija obavlja se prema standardu UIC 520-OR:

- pretkompresija 10 ≤FP≤20 [kN]
- sila za hod H=50÷60mm 400 ≤F≤550 [kN]
- akumulirana energija
- obavezna We≥8 [kJ]
- preporučena We≥10 [kJ]
- odnos Wa/We Wa/We≥0,30
- brzina sabijanja V≈ 30 mm/min

Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 4 pri čemu su prve tri opruge ispitivane u Francuskoj AVON SPENCER MOULTON (ASM) a četvrta na Mašinskom fakultetu za elemente proizvodnje TIGAR.

Tabela 4. Mehanička svojstva kod ispitivanja statičkom silom vučne opreme

	Izmene veličine	Pretkompresija (kN)	Sila za hod od 50 d0 60 mm		Akumulirana energija We (kJ)	Odnos Wa/We
Broj opruge	Kriterijumi prema normi UIC 520 OR	obavezna ≥10 preporučena ≥20	obavezna ≥400 preporučena ≥550		obavezna ≥8 preporučena ≥10	≥0,3
			hod (mm)	sila (kN)		
1.	Dobijeni rezultati	15	58,5 60	850 1000	8,5 10,4	0,51 0,44
2.		20	56,5 57,5	850 1000	8,9 9,8	0,48 0,47
3.		17	57 59	850 1000	8,3 9,7	0,52 0,52
4.		15	53	1000	9,06	0,46

2.4. Mehanička svojstva kod ispitivanja odbojnika pri naletanju

Ispitivanje odbojnika pri naletanju je kompleksno i skupo ispitivanje pa ono još uvek nije izvršeno na odbojnicima proizvodnje MIN Svrljig-TIGAR Pirot. U radu se nadalje daje prikaz mernih podataka sa ispitivanja koja su izvršena u Francuskoj AVON SPENCER MOULTON (ASM) na odbojnicima sa metalogumenim oprugama klase A i klase B proizvedenih u njihovoj fabrici, kao i dinamičko ispitivanje metalnogumene opruge vučne opreme na udarnom batu.

2.4.1 Mehanička svojstva kod ispitivanja pri naletanju odbojnika klase A

Postupak ispitivanja odbojnika H=105mm klase A izvršen je kod vagona sa obrtnim postoljima. Ukupna težina vagona bila je 80t. Vagon je bio opterećen usitnjenim ugljem sa 6 pregrada. Vagon se kretao brzinom 5,2<V<15,3 [km/h]. Od postojećeg uzorka od 10 komada izvršeno je ispitivanje 4 komada.

Merene veličine bile su:

- - brzina udarnog vagona pre udara [km/h],
- - sila, koja deluje iza odbojnika,
- - hod sabijanja odbojnih tanjira,
- - usporavanje udarnog vagona,
- - ubrzavanje udarnog vagona.

Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 5.

Tabela 5. Mehanička svojstva kod ispitivanja pri naletanju odbojnika klase A

Udarna brzina (km/h)	5,2	6,9	9,2	11	12	13,6	15,3	12 posle 18 h odmora
Prosečna sila po odbojniku (kN)	290	490	790	1140	1370	1685	1960	1050
Prosečan hod po odbojniku (mm)	63,5	73,5	82	88	91	95,5	99	85
Usporavanje udarnog vagona(g)	0,8	1,35	2,4	3,65	4,4	5,5	6,85	2,8
Ubrzavanje udarenog vagona (g)	0,8	1,6	2,7	3,9	4,75	5,8	7,4	3,8
Akumuilativna energija We (kJ)	9,4	15,8	24,9	32,9	37,6	44,3	55,2	36,2
Apsorbovana energija Wa (kJ)	7,6	13	20,45	27,2	30,7	35,7	43	31,9
Odnos Wa-We	0,81	0,82	0,82	0,82	0,82	0,81	0,78	0,88

2.4.2 Mehanička svojstva kod ispitivanja pri naletanju odbojnika klase B

Postupak ispitivanja odbojnika H=105mm klase B sproveden je na vagonima sa obrtnim postoljima. Ukupna težina vagona bila je 80t. Vagon je bio opterećen usitnjenim ugljem sa 6 pregrada. Vagon se kretao brzinom 6,9<V<15 [km/h]. Od postojećeg uzorka od 10 komada izvršeno je ispitivanje 4 komada.

Merene veličine bile su:

- brzina udarnog vagona pre udara [km/h]
- sila, koja deluje iza odbojnika
- hod sabijanja odbojnih tanjira,
- usporavanje udarenog vagona
- ubrzavanje udarenog vagona.

Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 5.

Tabela 5. Mehanička svojstva kod ispitivanja pri naletanju odbojnika klase B

	40 t → 80 t				80 t → 80 t			
Brzina udara (km/h)	6,9	9	13,8	15,3	6,9	9	13,6	15
Prosečna sila po odbojniku (kN)	301	465	976	1199	455	687	1325	1573
Prosečni hod po odbojniku (mm)	54,1	65,2	83,4	87,4	61,7	70,5	87,3	91,9
Usporenje udarenog vagona (m/s^2) (1)	18	29	56	70	11	21	37	44
Ubrzanje udarenog vagona (m/s^2) (1)	≤40	(2) ≤50	32	39	11	21	41	49
	8	13						
Akumulirana energija Wa (kJ)	10,5	17,1	34,9	41,5	16,4	25,2	48,9	56,4
Absorbovana energija Wa (kJ)	9,1	15,3	31,2	36,8	14,7	22,8	43,6	50,1
Odnos Wa/We	0,87	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89

2.4.3 Dinamička ispitivanja vučne opreme na udarnom batu

2.4.3.1 Postupak ispitivanja metalogumene opruge vučne opreme sastoji se u tome da se opruga postavlja na ravnu podlogu i izlaže udarima mase Q=400 kg u slobodnom padu sa visine H=200÷220 mm. Vremenski interval između dva udara je 15 min. Ovakvo dinamičko ispitivanje na udarnom batu nije predviđeno UIC i SNCF propisima.

Merene veličine su:

- visina pada mase Q=400kg 200<H<220 [mm]
- sila ispod opruge [kN]
- hod opruge [mm]
- dijagram sila hod

Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 6.

Tabela 6. Mehanička svojstva metalogumene opruge vučne opreme pri dinamičkom ispitivanju

Visina pada (mm)	200(1)	220(1)	235(1)
Prosečan hod opruge (mm)	59,1	61,9	60,5
Prosečna sila po opruzi (kN)	916	1071	1122,6
Prosečna akumulirana energija We (kJ)	10,8	12	12,2
Prosečna absorbovana energija Wa (kJ)	5,2	6,1	6,1
Odnos Wa/We	0,48	0,51	0,51

2.5. Mehanička svojstva kod ispitivanja statičkom silom posle trajnog dinamičkog opterećenja

Ispitivanja mehaničkih svojstava odbojnika klase A i klase B i vučne opreme dejstvom statičke sile posle trajnog dinamičkog opterećenja izvršena su u firmi AVON SPENCER MOULTON u Francuskoj.

2.5.1 Ispitivanje statičkom silom posle trajnog dinamičkog opterećenja odbojnika klase A

Izvršeno je ispitivanje metalogumene opruge koja se ugrađuje u odbojnik hoda H=105mm klase A. Od postojećih deset uzorka izvršeno je ispitivanje jednog komada.

Postupak ispitivanja se sastoji iz nekoliko faza:

- držanje uzoraka u vremenu od 24 sata na poziciji H =340mm,
- snimanje 3. statičke krive od pozicije H0=340mm do pozicije H1=275mm (hod 65 mm),
- određivanje rada od pozicije H2=315mm do pozicije H1=275mm,
- saopštavanje stepena kompresije od 104 od pozicije H2=315mm do pozicije H1=275mm, sa parametrima f = 6 min-1, Tuk=28 sati,
- opuštanje 24 sata
- snimanje statičke krive od pozicije H2=315mm do pozicije H1=275mm.

Merene veličine su određene prema prema NORMI ST 95A (dijagram opterećenja statičkom silom).

Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 7.

Tabela 7. Mehanička svojstva kod ispitivanja statičkom silom posle trajnog dinamičkog opterećenja odbojnika klase A

Korišćene energije	Uslov iz norme ST 95 A	Uzorak br. 6
Početna We u III kompresiji između 315 i 275 mm	Wre	We = 4,74 kJ
W izmerena u trećoj kompresiji između 315 i 275 mm posle 10^4 ciklusa i posle 24 h opuštanja	W>0,80 We	W = 4,18 kJ ili: 0,88 We

2.5.2 Ispitivanje statičkom silom posle trajnog dinamičkog opterećenja odbojnika klase B

Izvršeno je ispitivanje metalogumene opruge koja se ugrađuje u odbojnik hoda H=105mm klase B. Od postojećeg uzorka od 10 komada izvršeno je ispitivanje 1 komada.

Postupak ispitivanja se sastojao iz nekoliko faza:

- držanje uzoraka u vremenu od 24 sata na poziciji H =445mm,
- snimanje 3. statičke krive od pozicije H0=445mm do pozicije H1=380mm (hod 65 mm),
- određivanje rada od pozicije H2=420mm do pozicije H1=380mm,
- saopštavanje stepena kompresije od 104 od pozicije H2=420mm do pozicije H1=380mm, sa parametrima
- f = 5 min-1, Tuk=28 sati,
- opuštanje 24 sata
- snimanje statičke krive od pozicije H2=445mm do pozicije H1=380mm.

Merene veličine su određene prema prema NORMI ST 95A (dijagram opterećenja statičkom silom).

Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 8.

Tabela 8. Mehanička svojstva kod ispitivanja statičkom silom posle trajnog dinamičkog opterećenja odbojnika klase B

	Vrednosti izmerene na uzorku u toku ispitivanja
Početna We1 u III kompresije između 420 i 380 mm	7,6 kJ
We2 izmerena posle 104 sabijanja kompresijom	6,6 kJ ili 0,87 We_1

2.5.3 Ispitivanje statičkom silom posle trajnog dinamičkog opterećenja vučne opreme

Izvršeno je ispitivanje metalogumene opruge vučne opreme predviđeno normom ST-M 94 E.

Merene veličine bile su:

- sila pretkompresije pre ispitivanja zamorom F_1
- sila pretkompresije posle ispitivanja zamorom F_2
- akumulirana energija pre ispitivanja zamorom između 168,5 i 148,5 mm hoda We_1
- akumulirana energija pre ispitivanja zamorom We_2

Postupak ispitivanja se sastoji iz nekoliko faza:

- određivanje opruge na pretkompresiji na poziciji H=182,5 mm u toku 24 h,
- iscrtavanje krive statičke kompresije od pozicije H1=168,5 mm do pozicije H2=125 mm,
- merenje akumulirane energije We1,
- saopštavanje kompresije 104 od pozicije H1 do pozicije H2 frekvencijom f=5min-1,
- opuštanje opruge 24 h,
- održavanje opruge na pretkompresiji na poziciji H=182,5 mm u toku 24 h,
- iscrtavanje krive statičke kompresije od pozicije H1=168,5 mm do pozicije H2=125 mm,
- merenje sile na H= 182,5 mm,
- merenje akumulirane energije između pozicija H1 = 168,5 i H2=148,5 mm.

Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 9.

Tabela 9. Mehanička svojstva kod ispitivanja statičkom silom posle trajnog dinamičkog opterećenja vučne opreme

Sila (F1) pretkopresije pre ispitivanja zamorom	/	15 kN
Sila (F2) pretkopresije posle ispitivanja zamorom	>0,4 F1	14 kN (ili 0,93 F1)
Akumulirana energija (We1) pre ispitivanja zamorom između 168,5 i 148,5 mm	/	1,5 kJ
Akumulirana energija (We2) posle ispitivanja zamorom	>0,8 We1	1,25 kJ (ili 0,83 We1)

3. MOGUĆNOSTI DALJEG RAZVOJA ODBOJNIKA I VUČNE OPREME SA METALOGUMENIM OPRUGAMA

Projekt osvajanja proizvodnje odbojnika i vučne opreme sa domaćim metalogumenim oprugama koji su pokrenuli MIN AD "SVRLJIG" iz Svrljiga i Fabrike tehnička guma TIGAR iz Pirota je u dosadašnjoj realizaciji pokazao da je takva inicijativa opravdana. Na osnovu urađenih uzoraka i obavljenih ispitivanja može se tvrditi da su predmetni proizvodi kvalitetni odnosno da ispunjavaju propisane tehničke zahteve. Zbog nedostatka finansijskih sredstava projekat nije doveden do kraja.

Ukoliko se steknu povoljni uslovi, planira se sprovođenje preostalih ispitivanja kako bi se došlo do potrebnih uslova za homologaciju ovih proizvoda i njihove primene na šinskim vozilima domaće železnice i dalje tržišne eksploatacije metalogumenih opruga.

Dalji pravci razvoja metalogumenih opruga su:

- -ispitivanje nenamenskih uzoraka (etalona) radi variranja osobina opruge/amortizera za druge namene
- -ispitivanje odbojnika sa drugim karakteristikama za ugradnju na šinskim vozilima
- -ispitivanje metalogumenih opruga klase C

4. ZAKLJUČAK

Dosadašnje aktivnosti na:

- projektovanju,
- izradi,
- ispitivanjima i
- homologaciji

predmetnih proizvoda pokazuju da je kvalitet uzoraka dobar i da dalja ispitivanja treba obaviti radi konačne homologacije proizvoda.

Jedan od ciljeva ovog rada da se učesnici simpozijuma, posredno i institucije koje oni predtavljaju informišu o mogućoj proizvodnji odbojnih i vučnih sprema sa metalogumenim oprugama domaće proizvodnje i da sa svoje strane doprinesu preostalim aktivnostima radi validacije ovih proizvoda.

LITERATURA

[1] Standard UIC-526-1, "Odbojnici sa hodom 105 mm"
[2] Standard UIC-528, " Stroßeinrichtungen für reisezugwagen"
[3] Standard UIC-827-1, "Technische lieferbedingungen für zug und Stroßeinrichtungen"
[4] Standard JUS P.F4.910, "Čaurasti odbojnici izrađeni varenjem"
[5] Tehnička dokumentacija MIN Svrljig
[6] Ispitivana opruga od butil gume SPENCER-MOULTON

BUFFERS AND DRAW GEAR WITH METAL-RUBBER SPRING

Ivan Puletić, Zoran Marković,
Žarko Ćirić, Slobodan Panajotović

Abstract *– In up-to-date production of locomotives and wagons, it was customary to fit buffers with steel ring-shaped and spiral springs. During 1970s, these were being fitted with metal-rubber springs the characteristics of which were much better than of the classic ones. Besides, there are much more elements supporting the use of metal-rubber springs, like: lower price, lower weight, cheaper production equipment required, easier maintenance, package and transportation, etc. The purpose of this paper is to point to domestic industry posssibility in production of the buffer and draw gear with meta-lrubber spring and their aplication in railway vheicles.*

Key words - railway, locomotive, buffer, metal-rubber spring.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04
2004

PONAŠANJE ODBOJNIKA RAZLIČITIH KARAKTERISTIKA PRI SUDARU

Milica Stojičić [1], Danko Mijajlović [2]

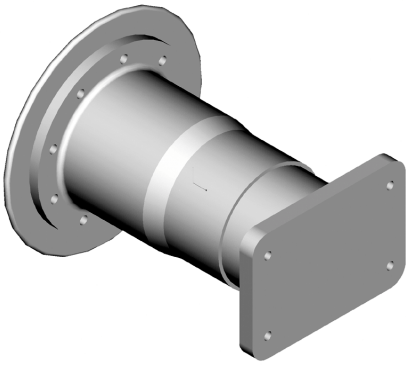
***Rezime**: Odbojna oprema je jedan od osnovnih i najodgovornijih uredjaja železničkih vozila. Osobine odbojnika su od odlučujućeg značaja za smanjenje udarnih sila u vozu u toku kretanja i kod manevarskog rada. Obzirom na različita konstruktivna rešenja, i karakteristike odbojnika se razlikuju. U radu je učinjen pokušaj da se izvrši analiza ponašanja odbojnika različitih karakteristika. Karakteristike odbojnika uzete su iz prakse, a ponašanje odbojnika analizirano je – simulirano - na računaru.*

Ključne reči: železnica, odbojnik, simulacija

1. UVOD

Odbojna oprema je jedan od osnovnih i najodgovornijih uređaja železničkih vozila. Služi za međusobno povezivanje kola i kola sa lokomotivom, za održavanje određenog rastojanja između vozila u vozu, za predaju i smanjenje inteziteta vučnih i odbojnih sila, koje se javljaju kod vuče vozova ili kod manevrisanja kolima.

Odbojnu opremu sačinjavaju odbojnici (sl. 1) postavljeni simetrično po dva na oba kraja železničkog vozila (na grudnoj gredi) na osnom rastojanju 1750 mm jedan od drugog. Osobine odbojnika su od odlučujućeg značaja za smanjenje udarnih sila u vozu u toku kretanja i kod manevarskog rada.

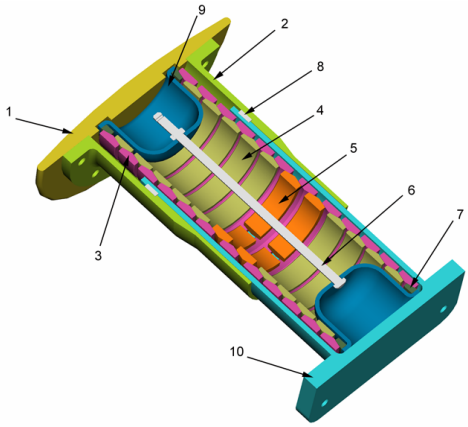


Slika 1. Odbojnik

2. ODBOJNIK OD 590 KN

Na železničkim vozilima danas se koriste razni tipovi odbojnika kako po vrsti tako i po kapacitetu. Zbog ove činjenice zadnjih godina se u svetu, pa i kod nas, teži primeni jednog tipa odbojnika (oblik, dimenzije, kapacitet) radi unifikacije sklopova na železničkim vozilima. Iz ovog razloga u radu je obradjen čaurasti odbojnik od 590 kN hoda 105 mm.

Odbojnik od 590 kN (sl. 2) spada u čaurasti tip odbojnika koji kao ogibljenje ima prstenastu oprugu. Ovaj odbojnik je jedan od najrasprostranjenijih tipova odbojnika kod nas i u Evropi.



Slika 2. Odbojnik od 590 kN hoda 105 mm

Glavni sastavni elementi odbojnika su:

- odbojnička ploča (poz. 1),
- sudarna čaura (poz. 2),
- spoljni prsten opruge (poz. 3),
- unutrašnji prsten opruge (poz. 4),
- rasečeni prsten (poz. 5),
- stezni vijak opruge (poz. 6),
- poluprsten opruge (poz. 7),
- osiguravajući poluprsten odbojnika (poz. 8),
- prednapregnuti lonac opruge (poz. 9),
- vodjična čaura (poz. 10).

2.1. Karakteristike ogibljenja odbojnika

Osnovni pokazatelj svakog odbojnika je karakteristika ogibljenja, koja predstavlja zavisnost između sile P koja dejstvuje na ploču odbojnika i hoda (ugiba) odbojnika f. Ova zavisnost u opštem obliku može biti predstavljena izrazom:

$$P(f) = c \cdot f^n + P_0$$

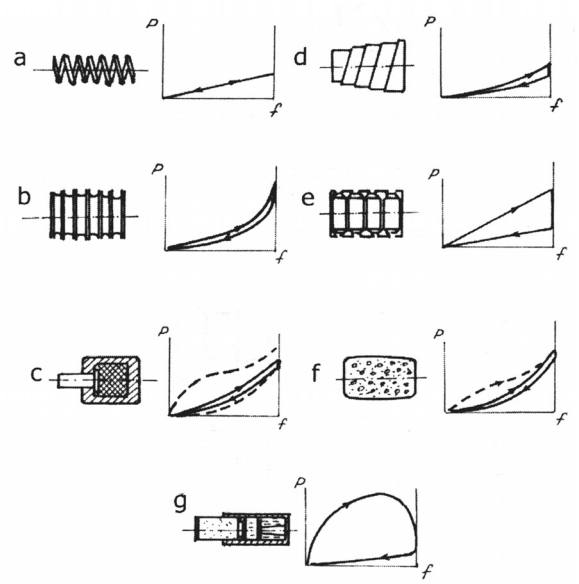
gde je :

c - koeficijent elastičnosti,

n - eksponent koji zavisi od vrste elastičnog elementa i konstrukcije odbojnika,

P_0 - sila prethodnog zatezanja.

[1] Milica Stojičić, dipl.maš.inž., ŽTP "Boegrad", Sekcija za vuču vozova i TKS, Lapovo, milicastojicic@yahoo.com
[2] Danko Mijajlović, dipl.maš.inž., Mašinsku fakultet Niš, dankom@masfak.ni.ac.yu



Slika 3. Karakteristike različitih tipova ogibljenja odbojnika

Na slici 3 prikazani su oblici karaketristike P(f) za razne vrste ogibljenja odbojnika. Kod nekih vrsta ogibljenja postoji velika razlika u karakteristikama u zavisnosti od karaktera opterećenja (statičko ili dinamičko). Na slici 3 isprekidanom linijom označena je dinamička, a punom linijom statička karakteristika.

Jedan od osnovnih kriterijuma za ocenu kvaliteta odbojnika je njihov rad A, tj. količina energije koju mogu apsorbovati, koja se u opštem slučaju može izraziti sa:

$$A = \int_0^{f_{max}} P(f) \cdot df$$

gde je:

P - sila kojom se odbojnik slabi,

f - ugib (deformacija) opruge ogibljenja.

Efikasnost odbojnika može se oceniti tzv. koeficijentom potpunosti k_p, koji predstavlja odnos stvarnog rada nekog odbojnika A (površina ispod krive - karakteristike ogibljenja) i rada takozavanog idealnog odbojnika kod kojeg je sila P konstantna za bilo koji ugib

$$k_p = \frac{A}{P_{max} \cdot f_{max}}$$

$P_{max} \cdot f_{max}$ - površina pravougaonika.

Kako je

$$A = \int_0^{f_{max}} P(f) \cdot df, \quad P(f) = c \cdot f^n + P_0$$

to će posle pretvaranja i integraljenja, analitički izraz za k_p glasiti:

$$k_p = \frac{1}{P_{max}} \left(P_0 + \frac{c \cdot f^n}{n+1} \right)$$

2.2. Ispitivanje odbojnika

Prema UIC-u 526-1 svi vagoni koji se izradjuju od 1985. godine moraju da imaju ugradjene odbojnike sa hodom od 105 mm.

Svi odbojnici moraju prema UIC objavi da ispune sledeće:

- dimenzione karakteristike;
- mehaničke karakteristike;
- elastične karakteristike;
- identifikaciju.

Dimenzione karakteristike odbojnika na savremenim železničkim vozilima moraju da imaju:

- hod od $105^{-0.5}$ mm;
- geometriske karakteristike odbojnika su strogo definisane;
- odbojnici vagona moraju biti snabdeveni vodećim elementima koji sprečavaju njegovo slobodno okretanje oko podužne ose;
- širinu čela odbojnika treba izračunavati u skladu sa medjunarodnim propisom UIC 527-1.

Mehaničke karakteristike definišu opterećenja koja odbojnik mora da podnese. U ova opterećenja spadaju:

- podužna sila, koja deluje na centar odbojničke ploče, od F_1=2500 kN;
- podužna sila, koja deluje van centra odbojničke ploče, od F_2=500 kN;
- vertikalna sila, koja deluje na telo odbojnika, od F_3=2500 kN;
- ukupna podužna sila, kojom deluje bazna ploča odbojnika na ram, od F_4=2500 kN.

UIC 526-1 takodje propisuje da se odbojnik pričvršćuje na grudnu gredu sa četiri zavrtnja klase koja obezbedjuje jačinu na kidanje od najmanje 350 N/mm^2.

Elastične karakteristike definisane UIC-om 526-1 propisuju uslove koje odbojnici moraju da zadovolje prilikom ispitivanja. Ove karakteristike se dele na:

- statičke karakteristike;
- dinamičke karakteristike.

Statičke karakteristike definišu veličinu opterećenja kao i količinu akumulirane energije, koju treba pri ispitivanjima da ispune odbojnici. Ove karakteristike se prilikom ispitivanja mere na celom odbojniku, u stanju u kom se montira na vagon, na sobnoj temperaturi od približno 15 °C.

Dinamičke karakteristike se dobijaju kada se na ispitivani vagon ugrade odbojnici za ispitivanje i na njih deluje silom udara drugog ispitnog vagona. Svrha dobijanja ovih vrednosti je obezbedjenje adekvatne zaštite konstrukcije vagona i transportovane robe od udarne sile, posebno u ranžirnim stanicama. Dinamička ispitivanja se obavljaju vagonima koji su natovareni sitnim ugljem ili sličnim materijalom, da bi teret bio ravnomerno podeljen i razmešten po celom vagonu.

Navedeni testovi su obavezni.

UIC 526-1 propisuje i uslove ispitivanja ogibljenja odbojnika. Ovo ispitivanje podrazumeva izlaganje kompletnog ogibljenja sukcesivnim naprezanjima, kojima je odbojnik kao celina izložen u toku upotrebe.

Ispitivani element mora tri puta da prodje sledeće cikluse:

- 3000 sudara ili kompresija koje dogovaraju energiji 0.25 We;
- 1200 sudara ili kompresija koje odgovaraju energiji 0.50 We;
- 200 sudara ili kompresija koje odgovaraju energiji 0.85 We.

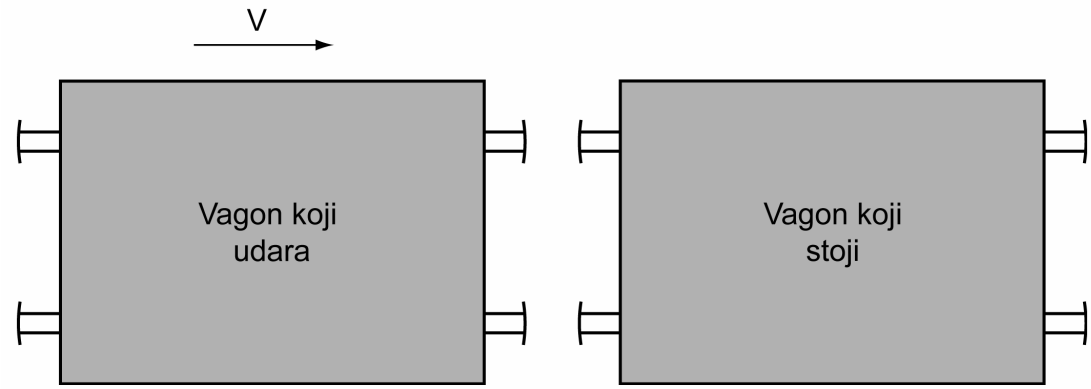
We predstavlja maksimalnu vrednost akumulirane energije koja odgovara kategoriji ispitivanih elemenata.

3. SIMULACIJA PONAŠANJA ODBOJNIKA U SLUČAJU UDARNOG OPTEREĆENJA

U ovom radu biće simulirana dva slučaja sudara (sl. 21) i to:

- sudar dva železnička vozila sa odbojnicima istih karakteristika,
- sudar dva železnička vozila sa odbojnicima različitih karakteristika.

Za simulaciju sudara dva železnička vozila uzet je primer iz eksploatacije kada lokomotiva u ranžirnim stanicama zaleti vagon, koji zatim usled inercije nastavlja kretanje dok ne dodje do sudara tog vagona i vagona koji stoji. Prilikom sudara vagon koji se kretao (u daljem tekstu vagon 1) prenosi deo kinetičke energije na vagon koji je stajao (u daljem tekstu vagon 2).



Slika 4. Šematski prikaz sudara dva vagona

Simulacija ponašanja odbojnika pri sudaru izvršena je u programskom paketu Working Model 4D. Pre početka definisanja parametara simulacije u programskom paketu Pro Engineer modelirana je geometrija odbojnika. Geometrija modela odbojnika je potom uvezena u programski paket Working Model 4D. Zatim su u programskom paketu definisana železnička vozila na koja su montirani modeli odbojnika. Pošto je od interesa analize ponašanje odbojnika kao i sila koja se preko njih prenese na grudnu gredu vozila, sama vozila su iz ovog razloga u simulaciji prestavljena uprošteno (kao kocke). Modelima vozila su u programskom paketu dodeljene sledeće vrednosti:

- ukupna težina vozila,
- koeficijent trenja izmedju točka vozila i šine (μ=0.02).

Pošto je izvršeno kreiranje geometrije modela pristupilo se definisanju sledećih parametara:

- krutosti ogibljenja odbojnika,
- prigušenja ogibljenja odbojnika,
- inteziteta sile koja pokreće vagon 1, da bi se simulirala željena brzina pri sudaru.

Simulacija je uradjena veoma detaljno iz razloga da bi rezultati bili što približniji uslovima iz eksploatacije.

3.1. Simulacija ponašanja četiri odbojnika sa istim karakteristikama u slučaju udarnog opterećenja

Polazni podaci u ovom delu analize su:

- maksimalna brzina pri dinamičkom udaru je 16 km/h,
- krutost ogipljenja odbojnika je 5619 N/mm,
- koeficijent prigušenja ogibljenja odbojnika je 222525 kg/s.

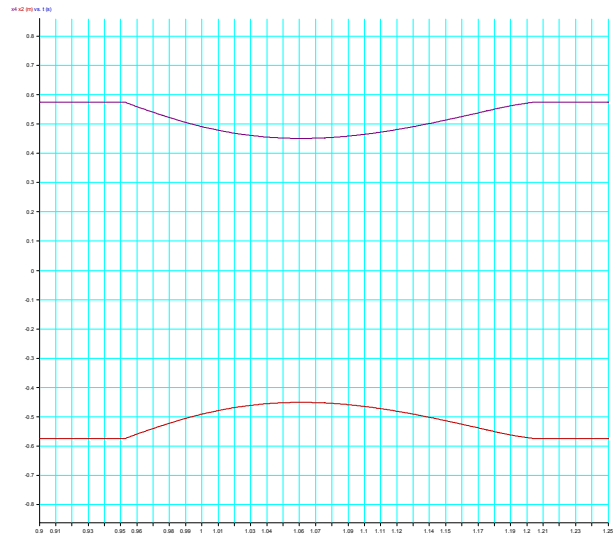
Za simulaciju sudara dva železnička vozila sa odbojnicima istih karakteristika uzet je primer iz eksploatacije kada lokomotiva u ranžirnim stanicama zaleti vagon 1, koji zatim usled inercije nastavlja kretanje dok ne dodje do sudara tog vagona i vagona 2 (sl. 4).

Nakon završene analize dobijeni su rezultati za sledeće veličine:

- Deformacije opruga odbojnika,
- Sile na grudnoj gredi železničkog vozila,
- Ubrzanja odbojničkih ploča odbojnika.

3.1.1 Analiza deformacija prstenastih opruga pri udarnom opterećenju odbojnika sa istim karakteristikama ogibljenja

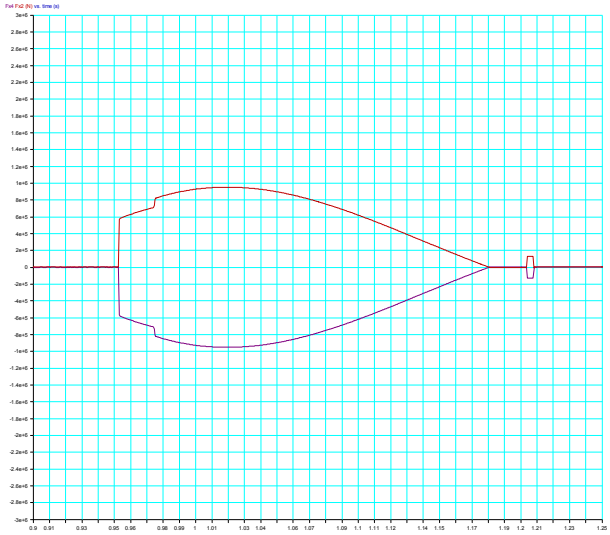
Za razliku od prenosa opterećenja u trenutku kontakta odbojničkih ploča deformacije prstenastih opruga se odvijaju postepeno. Analizom dobijenih rezultata uočava se da se opruge koje su u medjusobnom kontaktu (sl.5) usled dejstva opterećenja postepeno deformišu do maksimalne vrednosti deformacije od 105 mm. Nakon ovog deformacije polako opadaju zato što vagon 2 polako ubrzava i postepeno dolazi do razdvajanja vagona.



Slika 5. Deformacije opruga

3.1.2 Analiza sila na grudnoj gredi železničkog vozila pri udarnom opterećenju odbojnika sa istim karakteristikama ogibljenja

Analizom dobijenih rezultata uočljivo je da opruge ogibljenja odbojnika koje su u medjusobnom kontaktu (sl.6) u trenutku sudara skoro trenutno prenesu opterećenje na grudnu gredu vagona u vrednosti od 590 kN. U daljem procesu opterećenje koje prenose opruge polako raste do maksimalne vrednosti od 960 kN. Nakon ovog trenutka opterećenje polako opada (jer je proces sudara prešao u fazu kada je vagon 1 predao dovoljnu kinetičku energiju vagonu 2) zato što vagon 2 polako ubrzava i postepeno dolazi do razdvajanja vagona.



Slika 6. Sile na grudnoj gredi

3.1.3 Analiza ubrzanja odbojničkih ploča pri udarnom opterećenju odbojnika sa istim karakteristikama ogibljenja

Analizirajući dobijene rezultate zapaža se da su u trenutku udara odbojničke ploče dobile trenutno ubrzanje (sl.7) od 11000 m/s^2. Pomenuto ubrzanje trajalo je 0.011 s nakon koga je kretanje vagona nastavljeno bez ubrzanja.

Slika 7. Ubrzanja odbojnčkih ploča

3.2. Simulacija ponašanja četiri odbojnika sa različitim karakteristikama u slučaju udarnog opterećenja

Da bi se obavila analiza ponašanja četiri odbojnika sa različitim karakteristikama, a da rezultati proračuna budu što približniji realnim uslovima, korišćeni su podaci koji su dobijeni merenjem (tabela 1). Od raspoloživih odbojnika odabrana su četiri koja imaju najveća odstupanja. Ovo iz razloga da bi se simulirao najnepovoljniji slučaj koji može da se desi u praksi.

Vrednosti za k (krutost prstenaste opruge) i c (koeficijent prigušenja prstenaste opruge) računati su na sledeći način:

$$k = \frac{2A}{h^2}$$

$$c = \frac{2 \cdot A}{0.53 \cdot V \cdot h}$$

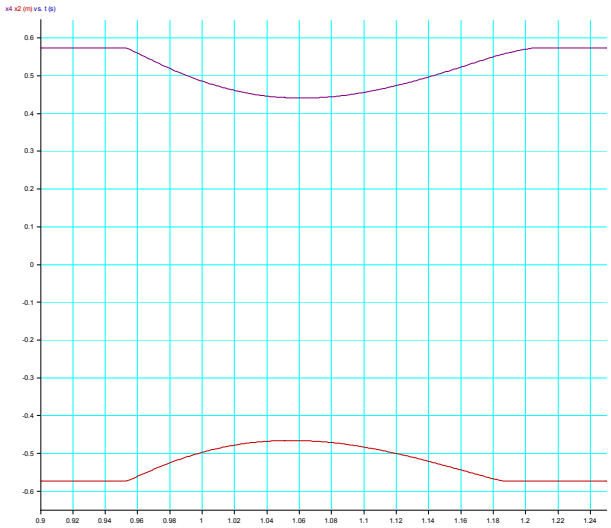
Tabela 1.

R. br.	Hod h[mm]	Sila F[kN]	Rad A[kJ]	k[N/m]	c[kg/s]
1	78	590	24.305	7989809	267241
2	91	590	24.260	5859196	228640
3	80	590	20.23	6321875	216874
4	83	590	20.665	5999419	213530
5	98	590	23.64	4922949	206877
6	94	590	25.29	5724310	230740
7	98	590	24.81	5166597	217121
8	93	590	25.24	5836513	232760

Od ponudjenih osam prstenastih opruga za analizu su izabrana četiri (osenčena polja u tabeli 1) i to po kriterijumu najveće i najmanje krutosti ogibljenja za dva odbojnika dok su druga dva izabrana po istom principu od preostalih šest odbojnika. Nakon izbora odbojnika za analizu pristupilo se postavljanju odbojnika na model (sl. 4) i to opet po principu najnepovoljnijeg mogućeg slučaja što znači da su na vagonu koji naleće brzinom od 16 km/h odbojnici pod rednim brojevima 5 i 3 a na vagonu koji stoji odbojnici pod rednim brojevima 1 i 7 (tabela 1). Pored izbora koji odbojnici idu na koji vagon da bi se simulirao najnepovoljniji mogući slučaj u modelu je definisano da odbojnik 3 naleće na odbojnik 7 a odbojnik 5 na odbojnik 1. Pošto su definisani svi ulazni parametri izvršena je simulacija definisanih dejstava na prikazanom matematičkom modelu.

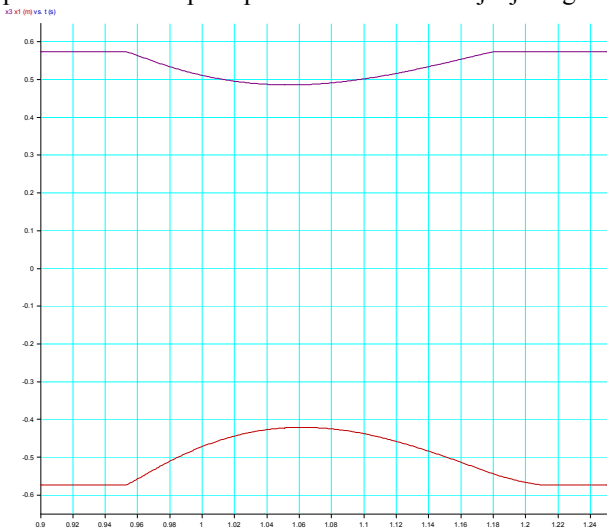
3.2.1 Analiza deformacija prstenastih opruga pri udarnom opterećenju odbojnika sa različitim karakteristikama ogibljenja

Za razliku od prenosa opterećenja u trenutku kontakta odbojničkih ploča deformacije prstenastih opruga se odvijaju postepeno. Analizom dobijenih rezultata uočava se da se opruge 3 i 7 koje su u medjusobnom kontaktu (sl 8) usled dejstva opterećenja postepeno deformišu do maksimalne vrednosti deformacije od 105 mm za oprugu 3 i 130 mm za oprugu 7.



Slika 8. Deformacije opruga 3 i 7

Nakon ovog deformacije polako opadaju zato što vagon 2 polako ubrzava i postepeno dolazi do razdvajanja vagona.

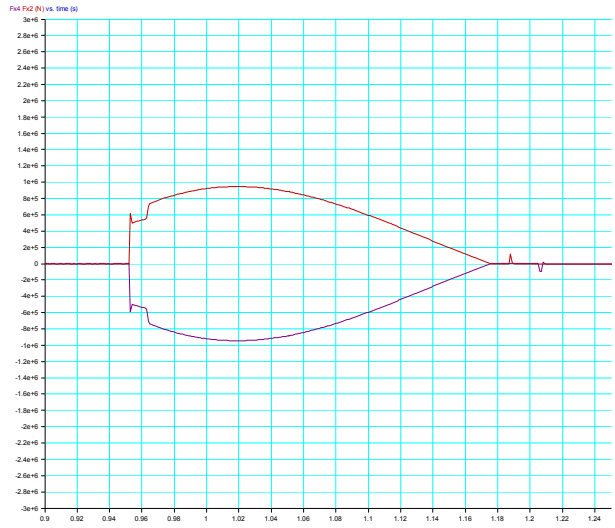


Slika 9. Deformacije opruga 1 i 5

Iz prikazanih dijagrama učljivo je da su razlike u deformacijama opruga odbojnika vagona dosta velike i da se kreću u granicama od 19.23 do 43.75%.

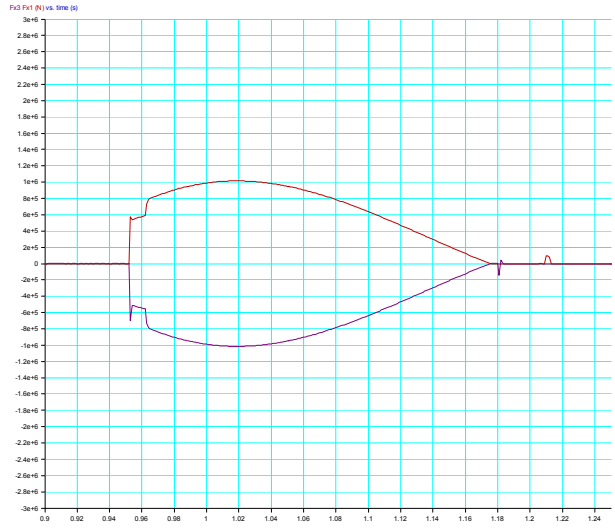
3.2.2 Analiza sila na grudnoj gredi železničkog vozila pri udarnom opterećenju odbojnika sa različitim karakteristikama ogibljenja

Analizom dobijenih rezultata uočljivo je da opruge 3 i 7 koje su u medjusobnom kontaktu (sl 10) u trenutku sudara skoro trenutno prenesu opterećenje na grudnu gredu vagona i to opruga 3 opterećenje od 610 kN a opruga 7 opterećenje od 600 kN. U daljem procesu opterećenje koje prenose opruge polako raste do maksimalne vrednosti od 950 kN. Nakon ovog trenutka opterećenje polako opada (jer je proces sudara prešao u fazu kada je vagon 1 predao dovoljnu kinetičku energiju vagonu 2) zato što vagon 2 polako ubrzava i postepeno dolazi do razdvajanja vagona.



Slika 10. Sile na grudnoj gredi od odbojnika 3 i 7

U istom procesu opruge 1 i 5 koje su takodje u medjusobnom kontaktu (sl 11) u trenutku sudara skoro trenutno prenesu opterećenje na grudnu gredu vagona i to opruga 1 opterećenje od 700 kN a opruga 5 opterećenje od 580 kN. U daljem procesu opterećenje koje prenose opruge polako raste do maksimalne vrednosti od 1020 kN. Nakon ovog trenutka opterećenje polako opada do nule tj. sve do momenta razdvajanja vagona.

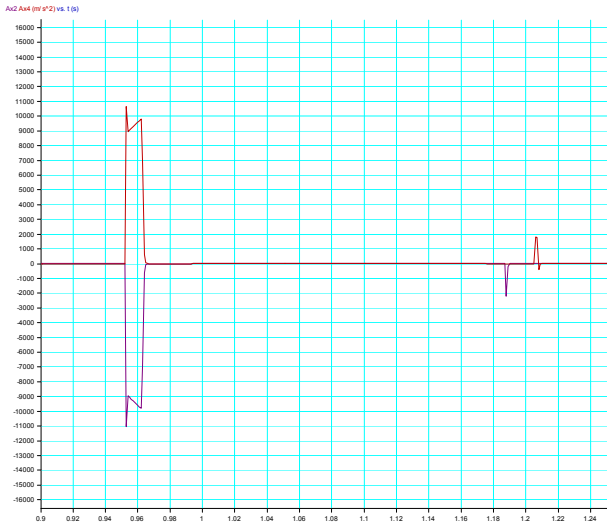


Slika 11. Sile na grudnoj gredi od odbojnika 1 i 5

Iz prikazanih dijagrama učljivo je da su razlike u opterećenjima na grudnim gredama vagona dosta velike i da se kreću oko 7.4%.

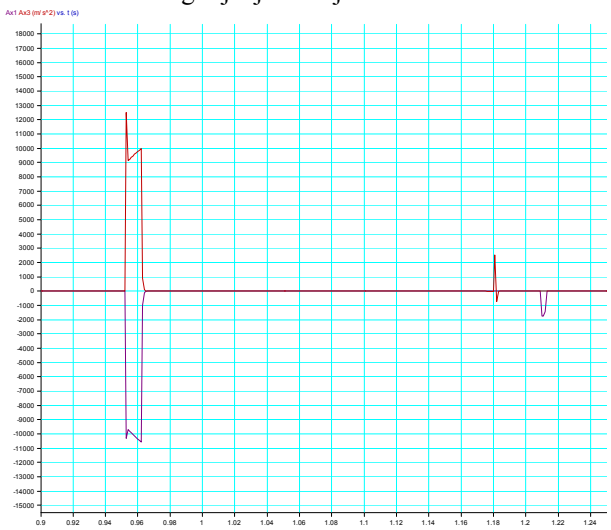
3.2.3 Analiza ubrzanja odbojničkih ploča pri udarnom opterećenju odbojnika sa različitim karakteristikama ogibljenja

Analizirajući dobijene rezultate zapaža se da su u trenutku udara odbojničke ploče 3 i 7 dobile trenutno ubrzanje (sl. 12) od 9800 m/s^2. Pomenuto ubrzanje trajalo je 0.011 s nakon koga je kretanje vagona nastavljeno bez ubrzanja.



Slika 12. Ubrzanja odbojničkih ploča 3 i 7

Analizirajući dobijene rezultate zapaža se da su u trenutku udara odbojničke ploče 1 i 5 dobile trenutno ubrzanje (sl. 13) i to odbojnik 1 ubrzanje od 9800 m/s^2 a odbojnik 5 ubrzanje od 10200 m/s^2. Pomenuto ubrzanje trajalo je 0.011 s nakon koga je kretanje vagona nastavljeno bez ubrzanja. Razlika u ubrzanjima odbojnika 1 i 5, koji su u kontaktu, nastaje kao posledica velike razlike u karakteristikama ogibljenja odbojnika.



Slika 13. Ubrzanja odbojničkih ploča 1 i 5

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu izvršene simulacije sudara dva železnička vozila sa ugradjenim odbojnicima različitih karakteristika (krutost i prigušenje ogibljenja), može se zaključiti da je uticaj neravnomernosti dejstava sila na grudnu gredu primetan i da se kreće u granicama od približno 7.4%.

Iz rezultata izvršene analize dolazi se do zaključka da su sile koje opterećuju grudne grede vozila neznatno veće od 1000 kN, koja se uzima u standardnim proračunima.

Preporučeni koeficijent dinamičkog dejstva od 1.3 u ovom slučaju izgleda preveliki. Ovo pokazuje da što je proračun tačniji, može se ići sa manjim stepenom sigurnosti. S druge strane, obzirom da ceo proces sudara traje vrlo kratko (oko 0,2 s), čak i kad bi se pojavile sile većeg inteziteta one ne bi imale značajnog uticaja na konstrukciju vozila.

Sila većeg inteziteta koja se prenosi na grudnu gredu potiče od odbojničkog para sa minimalnim i maksimalnim karakteristikama ogibljenja. Kod ovog para odbojnička ploča odbojnika sa "mekšom" oprugom prva nasedne na vodjičnu čauru, kada dolazi do rasterećenja opruge, ali zbog toga odbojnik koji je u kontaktu sa ovim odbojnikom trpi dodatano dinamičko dejstvo.

Utvrdjeni model tj. postupak za rešenje postavljenog problema u radu, primenom savremenih softverskih paketa Pro/ENGINEER i Working Model 4D, omogućava širok spektar analiza i konačnog dobijanja rešenja i za druge različite slučajeve opterećenja i matematičkih modela.

Na osnovu izloženog ne mogu se izvući opšti zaključci, jer je analiziran samo jedan slučaj za rešenje postavljenog problema, ali se može reći da je neophodno vršiti uparivanje odbojnika da ne bi dolazilo do:

- asimetričnog opterećivanja grudne grede vozila, što može prouzrokovati iskliznuće železničkih vozila;
- dodatnog opterećenja ogibljenja odbojnika, koje može izazvati njegov otkaz usled loma nekog od prstenova.

Literatura

[1] Nebojša Stojanović, "Železnička kola", Železnički obrazovni centar, Beograd 1974. god.
[2] Vladimir Aleksandrov, "Železnička vučena vozila", Želnid, Beograd 2000. god.
[3] Jovo Šarić, "Vučena vozila", Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd 1996. god.
[4] "Inžinjersko mašinski priručnik", Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd 1987. god.
[5] R. Drašković, "Novi materijali u konstrukciji putničkih kola"
[6] UIC 526-1
[7] JUS PF3. 510
[8] JUS PF3. 050
[9] JUS C. B0. 500
[10] JUS.C. B0. 502

THE SPRING BUFFER OF DIFFERENT CHARACTERISTICS BEHAVIOUR AT COLISSION

Milica Stojičić, Danko Mijajlović

Abstract: *Spring buffer is one of the basic and most responsible device of railway vehicles. Spring buffer charateristics are of most importance for the impact force bessening on a train during the movement and while maneuvering. According to various design solution the features of spring buffers vary, too. The spring buffer charateristics are taken from experience, and its performance is analized - simulated - on the computer.*

Key words: railway, spring buffer, simulation

XI ŽELKON '04
RAILCON '04 2004

ПРИМЕНА LENOIR - ОВОГ АМОРТИЗЕРА КОД ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВУЧНИХ ВОЗИЛА

Владимир Јовановић [1] , Срђан Стојичић [2]

Резиме *– За потребе Српких железница, и то за Сектор за грађевинске послове, произведено је осам тешких моторних дресина серије 915 подсерије 100. Због отежане набавке хидрауличних амортизера на нашем тржишту и кратког рока израде примењен је Lenoir - ов фрикциони амортизер. Специфичност овог начина огибљења код дресина, за разлику од система на обртним постољима Y - 25 код теретних вагона, огледа се у релативно малој маси по осовини. Због недостатка података о тачној вредности коефицијента трења и релативно малој маси по осовини, као иницијално решење дат је систем са фрикционим амортизером који има највећу силу пригушивања. У раду је даље обрађено и анализирано испитивање мирноће хода дресине. На крају, у оквиру рада, обрађена је модификација Lenoir - овог амортизера.*

Кључнеречи-Српске железнице, мирноћа хода, фрикциони амортизер

МИН Холдинг Ко. "Локомотива" а.д. за потребе Српких железница, тачније за Сектор за грађевинске послове, произвела је осам тешких моторних дресина, тип ТМД - 22 ДЦ, серије 915 подсерије 100 (Слика 1). Цео овај пројект финансиран је из оквира зајма Европске банке за развој. На овој тешкој моторној дресини типа ТМД - 22 ДЦ примењени су дугогодишње искуство у овој области градње и најсавременији системи који се примењују у свету на оваквим типовима возила.

Сл. 1. Тешка моторна дресина тип ТМД - 22 ДЦ серије 915 подсерије 100

Због веома лоше понуде хидрауличних амортизера на нашем тржишту и веома кратког и уговором прецизираног рока, одлучено је да се примени систем огибљења и амортизације као на обртним постољима Y - 25. Да би се финални производ што више поједноставио, стандардизовао и појефтинио, уграђени су следећи делови вагонског обртног постоља Y - 25:

- кућиште осовинских лежајева са припадајућим деловима и хабајућим плочама;
- клизница са хабајућим плочама и рукавцима;
- чаура клизнице;
- поклопац - капа са хабајућом плочом и рукавцима;
- притисно дугме са хабајућом плочом;
- карике и
- завојне опруге - спољашње.

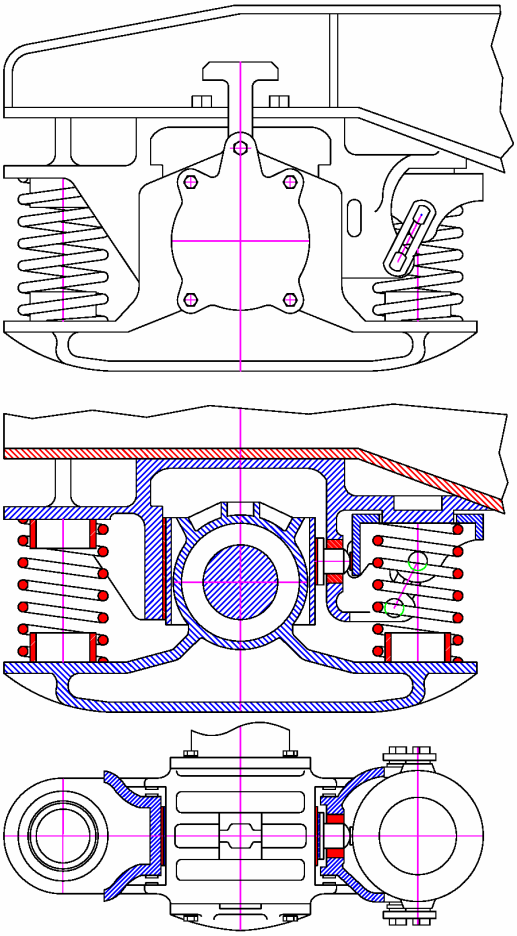
Огибљење дресине остварено је само са по две вагонске завојне опруге (спољашње) по кућишту осовинских лежајева, што је нормална последица малог оптерећења по осовини (максимално 9 т). За пригушивање вертикалних и попречних осцилација огибљених маса дресине примењен је фрикциони систем за ублажавање осцилација, познатији као „SNCF

[1] Владимир Јовановић, дипл. маш. инж., главни инжењер у МИН Холдинг Ко. "Локомотива" а.д., Сектор за развој и пројектовање, lokorazvoj@ptt.yu
[2] Срђан Стојичић, дипл. маш. инж., водећи пројектант у МИН Холдинг Ко. "Локомотива" а.д., Сектор за развој и пројектовање, lokorazvoj@ptt.yu

- - LENOIR". Овај систем приказан је на слици број 2 и њега чине:

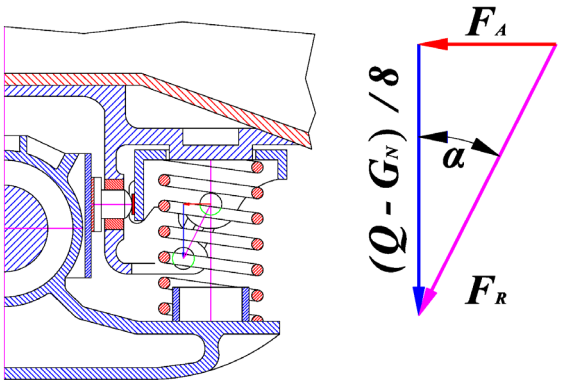
- чаура клизнице;
- поклопац - капа са хабајућом плочом и рукавцима;
- притисно дугме са хабајућом плочом и
- карике.

Тежина, као последица масе огибљеног дела дресине, преко клизнице и њених рукаваца посредством косих карика, преноси се на рукавце поклопца који је ослоњен на завојну опругу. Под дејством силе изазване косим карикама, поклопац притеже притисно дугме уз кућиште осовинских лежајева. Ове силе притискају кућиште осовинских лежајева, које належе својим хабајућим плочама на хабајуће плоче клизнице. На овај начин, кућиште осовинских лежајева је стално нападнуто са две управне силе на клизне површине истог интензитета, али са супротним смеровима (активна и реактивна сила).



Сл. 2. Цртеж огибљења и фрикционог амортизера „SNCF - - LENOIR"

Анализирајући дејство активних и реактивних сила на систем огибљења и систем за амортизацију, добија се троугао сила који је приказан на слици број 3.



Сл. 3. Анализа сила на „SNCF - - LENOIR" амортизеру

Огибљена маса дресине, умањена за неогибљену масу, резултира активном силом, која се преноси преко клизнице, рукаваца, карика и капа на завојне опруге. У овом разматрању, анализираће се само део система на једном кућишту осовинских лежајева који је опремљен „SNCF - LENOIR" фрикционим амортизером.

Активна сила која се преко рукаваца клизнице преноси на карике и она је дата следећом формулом:

$$F_Q = \frac{Q - G_N}{8} \text{ [kN];}$$

једна осмина огибљене тежине умањене за неогибљену тежину, представља активну силу која посредством четири рукавца и две карике напада капу, која је ослоњена на завојну опругу.

Како су карике постављене под углом α у односу на вертикалну осу капе и завојне опруге, то изазива реактивну силу у карикама и силу којом капа притиска притисно дугме. Реактивна сила у карикама може се представити изразом:

$$F_R = \frac{Q - G_N}{8 \cdot \cos\alpha} \text{ [kN].}$$

Активна сила којом капа делује на притисно дугме представљена је следећим изразом:

$$F_A = \frac{Q - G_N}{8} \cdot tg\alpha \text{ [kN].}$$

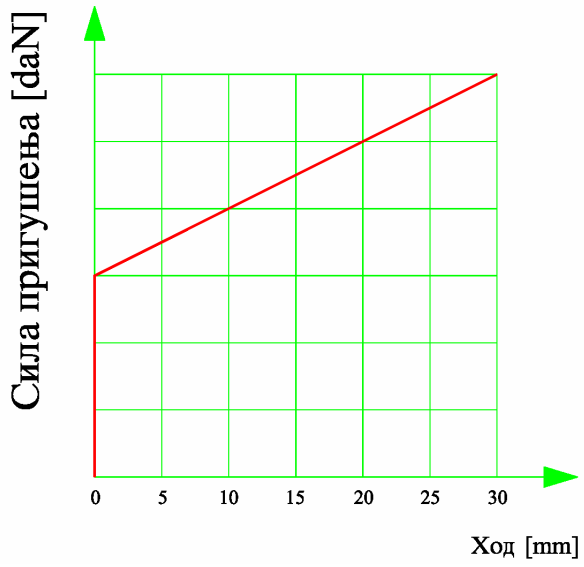
Ова активна сила, којом притисно дугме делује на кућиште осовинских лежајева, притиска кућиште осовинских лежајева на клизницу, што за последицу има појаву реактивне силе $-F_A$. Како су на све контактне површине постављене хабајуће челичне плоче са додатком мангана, имамо појаву трења, што нам је и био циљ, јер на тај начин остварујемо пригушивање вертикалних и бочних динамичких осцилација. Ова сила пригушивања може да се представи следећим изразом:

$$B = \mu \cdot 2F_A = \mu \cdot \frac{Q - G_N}{4} \cdot tg\alpha \text{ [kN].}$$

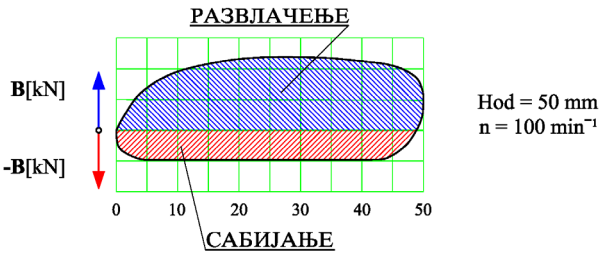
Коефицијент трења μ за манганске челичне лимове и то за облик трења челик по челику, креће се у дијапазону од 0,075 до 0,09. Наменска испитивања у овој области спровођена су само на „SNCF" - институту и детаљи нису презентовани стручној јавности, што

знатно отежава примену „SNCF - LENOIR" система огибљења на другим возилима без предходног експеримента.

На сликама број 4 и 5 приказани су радни дијаграми фрикционог и хидрауличног амортизера.



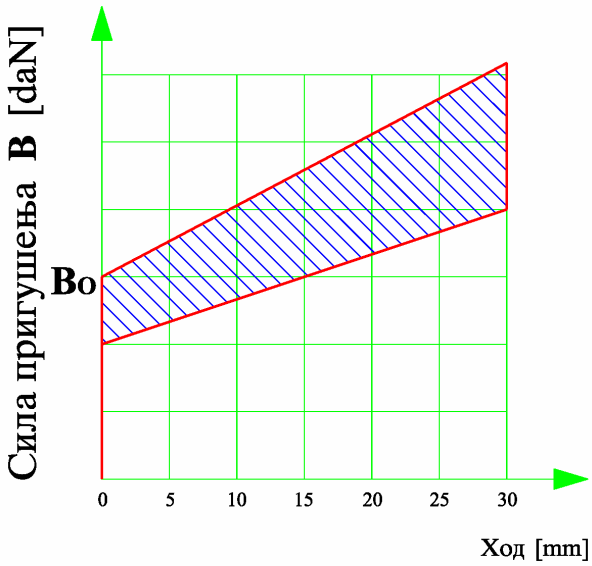
Сл. 4. Радни дијаграм фрикционог амортизера



Сл. 5. Радни дијаграм хидрауличног амортизера

Из ова два радна дијаграма фрикционог и хидрауличног амортизера, јасно се уочава разлика у промени силе пригушивања приликом динамичког поремећаја система огибљења. Код хидрауличног амортизера сила пригушивања поступно расте од 0 до своје максималне вредности, коју задржава већем сегменту угиба, и у завршној области максималног угиба полако почиње да опада до 0 - ово све се односи на фазу сабијања амортизера. У фази развлачења амортизера, сила пригушивања има нагли пораст интензитета (75% од максималне силе пригушивања) за веома мали сегмент развлачења. Након тога сила пригушивања постепено расте до своје максималне вредности и то отприлике до половине хода развлачења. Даљим развлачењем сила пригушивања поступно почиње да опада, да би на крају хода развлачења опала на 0.

Стварни радни дијаграм „SNCF - LENOIR" фрикционог амортизера приказан је на слици број 6. Главна карактеристика овог фрикционог амортизера, која је нормална последица саме конструкције, је сила пригушења B^0. Систем огибљења и амортизације притиска кућиште осовинских лежајева са стране притисног дугмета силом F_{A0}, док клизница делује реактивном силом $-F_{A0}$. Ово почетно „укљештење" резултира почетном силом пригушивања B_0, која има константну вредност и у функцији је огибљене масе, угла карика и коефицијента трења. Као резултат добија се у почетку „крут" и неосетљив за мање динамичке ударе који по интензитету не прелазе почетну силу



Сл. 6. Стварни радни дијаграм фрикционог амортизера у функцији

пригушења B_0.

„SNCF - LENOIR" систем огибљења рађен је за теретне вагоне са оптерећењем од 20 тона по осовини и са симетричним оптерећењем. Како оптерећење по осовини код дресине типа ТМД - 22 ДЦ са оптерећеном платформом не прелази 9 тона, наметнуло је питање под којим углом α поставити карике у односу на осу поклопца (капе) и завојне опруге. Недостатак прецизног податка о вредности коефицијента трења μ, додатно је усложио проблем. Поред свих ових питања, наметнуто је и питање неједнаког оптерећења осовина, у случају, када није оптерећена товарна платформа на дресини.

Недостатак времена и могућности за извођење експеримента наметнуо је решење са заузимањем максималног угла карика од 45°, што резултира „крућим" системом огибљења. Основно размишљање фаворизовало је стабилност и сигурност целог система дресине, са образложењем да је боље имати и „крући" систем огибљења, него добити систем са недовољним пригушењем вертикалних и бочних осцилација.

Прве пробне вожње потврдиле су да овај систем огибљења задовољава експлоатационе услове, али и закључено је да је комплетан систем „крући". Ово се нарочито уочава при мањим брзинама и прелазима преко скретница и укрштаја.

Са „КОНЧАР - ИНСТИТУТОМ ЗА ЕЛЕКТРОТЕХНИКУ" из Загреба спроведено је испитивање фактора мирноће хода дресине према Сперлинг методи. Мерење је обављено на тешкој моторној дресини тип ТМД - 22 ДЦ серије 915 - 104 у току 16 вожњи на деоници пруге Ћеле Кула - Нишка Бања и то од 7+445,5 km до 8+535,0 km. Мерења су обављена за четири брзине вожње (40; 50; 60 и 70 km/h). За сваку брзину вожње мерена је мирноћа хода

са неоптерећеном и оптерећеном товарном платформом, при вожњи дресине у оба смера тј. укупно 16 вожњи.

Само мерење спроведено је на једном мерном месту и то на поду испод седишта возача. Мерена су убрзања у три међусобно управне осе - трансферзално (бочно на смер вожње), вертикално и лонгитудинално (уздужно тј. у смеру вожње). Мерна опрема која је коришћена приликом мерења и анализе снимљених података била је:

- 3 мерна давача убрзања (акцелерометри) HBM B12/200
- мерна јединица HBM Alpha 3000 са мостним појачалима HBM K50CN
- мерни магнетофон SONY KS 609
- електронска картица за аквизицију National Instruments DAWCard 6062E
- преносни рачунар КОНЧАР НАДА
- заштитни трансформатор КОНЧАР

За аквизицију и делимичну обраду сигнала коришћен је програм за аквизицију и обраду Labview v7.0 произвођача National Instruments.

Вредности фактора мирноће по Сперлинг методи за оцену стања су:

$W_Z = 1$	Врло добра мирноћа хода
$W_Z = 2$	Добра мирноћа хода
$W_Z = 3$	Задовољавајућа мирноћа хода
$W_Z = 4$	Дозвољено за саобраћај
$W_Z = 4,5$	Није дозвољено за саобраћај
$W_Z = 5$	Опасно за саобраћај

Обрађени резултати мерења мирноће хода тешке моторне дресине тип ТМД - 22 ДЦ серије 915 - 104 дати су у следећој табели.

Дресина са неоптерећеном тобарном платформом		
Смер вожње	**v [km/h]**	**W_Z**
напред	**40**	**2,61**
назад	**40**	**2,74**
напред	**50**	**2,58**
назад	**50**	**2,55**
напред	**60**	**2,48**
назад	**60**	**2,46**
напред	**70**	**2,47**
назад	**70**	**2,48**

Дресина са неоптерећеном тобарном платформом		
Смер вожње	**v [km/h]**	**W_Z**
напред	**40**	2,77
назад	**40**	2,71
напред	**50**	2,78
назад	**50**	2,80
напред	**60**	2,91
назад	**60**	2,85
напред	**70**	2,83
назад	**70**	2,98

Укупна оцена мирноће хода по Sperling- овој методи тешке моторне дресине тип ТМД - 22 ДЦ серије 915 - 104, према мерењима извршеним на деоници пруге Ћеле Кула - Нишка Бања, са и без оптерћења за брзине 40; 50; 60 и 70 km/h је: WZ = 3 (задовољавајућа мирноћа хода).

Након ових спроведених мерења, приступило се модификацији „SNCF - LENOIR" система огибљења. Ова модификација огледала се у промени угла α под којим карике стоје у односу на на осу поклопца (капе) и завојне опруге. Ова модификација побољшала је знатно мирноћу хода дресине, такода су елиминисане појаве „крутог" прелаза преко скретница и укрштаја при мањим брзинама.

Садашњи тренд разбоја модерних железничких средстава подразумева неопходну примену свих савремених и проверених технологија и техничких решења. И поред тога у оквиру железничког машинства незаобилазни чинилац успешних иновација је и провера и испитивање субјекта у почетној фази креирања путем експеримента. Данашњи железнички прописи и стандарди у знатном делу покривају стандардизацијом многе области градње железничких возила, али наша обавеза је да стално тежимо да проширимо хоризонте развоја.

Литература:

[1] П. Симић, М. Опачић: Обртна постоља Y 25 за теретна кола ЈЖ; Београд, 1976.

[2] Др Душан Симић: Динамика моторних возила; Београд, 1988.

[3] Др Здравко Валтер: Дизелелектричне локомотиве; Загреб, 1985.

[4] Ј. Тодоровић: Кочење моторних возила; Београд, 1988.

[5] Југословенски лексикографски завод: Техничка енциклопедија; Загреб, 1986.

[6] Публикација - Амортизери - Приштина; Крањ, 1990.

APPLICATION OF LENOIR'S DAPMER AT RAIL PULLIES

Vladimir Jovanović, Srđan Stijočić

Abstract: *For the Serbian Railways, Sector of Civil Enginnering, eight heavy trolleys of series 915, sub-series 100, have been produced. Due to problems in purchasing hydraulic dampers on our market and short deadline, Lenoir's friction damper has been applied. The specific feature at this type of suspenssion at trolleys is the small mass at a spindle, difering it from the Y25 bogies at freight cars. Because of the missing data about exact friction coefficient and relatively small mass at a spindle, as the initial design the damper with the strongest dumping has been given. Further in this paper the riding stability has been analysed. At the end, the modification of the Lenoir's damper has been described.*

Key words: Serbian railways, riding stability, friction damper

XI ŽELKON '04 RAILCON '04 2004

PROJEKTOVANJE I IZGRADNJA MANEVARSKIH LOKOMOTIVA MODULARNIM KONCEPTOM

Miloš Milošević [1], Nenad T. Pavlović [2] , Života Živković [3]

Rezime *– Neka železnička vozila već sada, a sva u vrlo bliskoj budućnosti, bez obzira da li se radi o putničkim ili teretnim vagonima, motornim vozovima ili lokomotivama imaju modularnu platformu kao osnovu na koju se fleksibilno uparuju drugi blokovi u modularnom principu izgradnje, dajući tako tip vozila za različite svrhe koje može da ispuni postavljene specifične zahteve i želje različitih korisnika. Prednosti ovakvog načina projektovanja i proizvodnje korišćenjem standardizovanih komponenata, sklopova, pa i celokupnih sistema se ogledaju u ekonomski isplativoj maloserijskoj proizvodnji, jeftinijem konačnom proizvodu i kraćem vremenu potrebnom za projektovanje i isporuku gotovog železničkog vozila. Izmenjivost i fleksibilnost modula obezbeđuje smanjivanje troškova održavanja i skraćivanje vremena potrebnih za održavanje ili popravke, čime se podiže efikasnost korišćenja voznog sredstva na viši novo. Ovakvim pristupom tržište i različiti zahtevi kupaca kroz modularni koncept izgradnje železničkih vozila usmeravaju industriju železničkih vozila u smeru realizacije "vozova iz kataloga". U ovom radu biće dat prikaz modularnog koncepta projektovanja i izgradnje železničkih vozila na primeru savremene dizel hidraulične troosovinske ranžirne lokomotive SIEMENS M05.*

Ključne reči – manevarska lokomotiva, projektovanje, izgradnja, modularni koncept.

1. UVOD

Projektovanje i izgradnja železničkih vozila modularnim konceptom zasnovani su na činjenici da kupci železničkih vozila imaju različite zahteve u pogledu tehničke kompleksnosti i estetskih karakteristika, u osnovi za istu vrstu ili tip vozila, kao i potrebama za proizvodnjom u malim serijama koja sledi kao posledica pojedinačnih i specifičnih želja kupaca. Zadovoljavanje ovakvih zahteva na što efikasniji način i sa tehnološkog i ekonomskog aspekta zahteva od proizvođača uvođenje novog koncepta projektovanja i proizvodnje železničkih vozila baziranog na korišćenju standardizovanih komponenata, celokupnih sklopova i sistema železničkih vozila koji se mogu kombinovati i izmenjivo koristiti, takozvanih modula ili blokova. Takav koncept projektovanja i izgradnje konačnog proizvoda naziva se modularni pristup gradnje ili blokovska gradnja. To znači da se modularni koncept projektovanja i izgradnje železničkog voznog sredstva zasniva na konstrukcijskoj osnovi vozila sa neophodnim modulima, koja sluzi kao platforma koja se dalje usklađuje, prilagođava, nadograđuje i modernizuje prema specifičnim zahtevima kupaca dodavanjem novih ili zamenom postojećih blokova u obliku komponenata, sklopova i sistema, ali tako da sistem kao celina zadržava svoju osnovnu funkciju vozila.

Istorijski, proces standardizacije sklopova i uvođenje modularizacije u projektovanje i proizvodnju železničkih vozila nailazili su na različite prepreke. Najviše problema stvaralo je to što je u svetu postojalo više tipova železničkih mreža koje su se razlikovale u pogledu širine koloseka, vrednosti električnog pokretačkog napona ili neophodnih dimenzija i gabarita vozila. Međutim, i pored svih teškoća nadjačao je osnovni motiv koji je bio da se kupcima obezbede što bolja železnička vozila po što je moguće nižim cenama. Odgovor na sve takve izazove je bio razvoj modularnog koncepta projektovanja kao savršen spoj prilagođavanja i standardizacije, čime je kupcima ponuđena mogućnost izbora, a samim tim i ispunjavanje različitih zahteva u pogledu gabaritnih dimenzija, sastavnih delova, oblasti primene, namene i ostalog.

Ovakvim fleksibilnim pristupom projektovanju i izgradnji železničkih vozila sve neophodne specifičnosti karakteristika i svrhe konačnog proizvoda se integrišu u sam proces projektovanja i proizvodnje od samog početka. Zahvaljujući takvom principu potpuno modularne gradnje, još u toku procesa projektovanja mogu se uzeti u razmatranje najstroži kriterijumi i zahtevi. Iz toga dalje rezultira pravilan izbor neophodnih modula, a zatim i njihovo kombinovanje i uparivanje na odgovarajućoj osnovi koncepta projektovanog železničkog vozila. Za dobijeni konačni proizvod železničkog vozila optimalnost karakteristika i visoka pouzdanost i bezbednost u toku eksploatacije ogleda se u osnovnoj prednosti korišćenja blokovske gradnje, a to je da se vozilo izgrađuje sklapanjem od postojećih modularnih komponenata i sistema koji su unapred testirani i čiji je koncept već potvrdio njihovu svrsishodnost u različitim vidovima eksploatacije. Zahvaljujući primeni modularne izgradnje pored znatnih direktnih ušteda u procesu projektovanja i proizvodnje, koje se odražavaju ne samo u uštedi novca nego i skraćivanju vremena potrebnog za projektovanje i isporuku gotovog železničkog vozila, nego i dalje u samom procesu korišćenja se ispoljavaju pozitivni efekti modularnog koncepta. Kao posledica modularnog pristupa, troškovi održavanja i vremena potrebna za održavanje se smanjuju, odnosno skraćuju usled mogućnosti nezavisnog rada sa celim modulima ili zamene celokupnog modula u slučaju otkaza ili potrebe za preventivnim održavanjem, a

[1] mr Miloš Milošević, Mašinski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, Niš, SCG, mmilos@masfak.ni.ac.yu
[2] dr Nenad T. Pavlović, Mašinski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, Niš, SCG, pnenad@masfak.ni.ac.yu
[3] dr Života Živković, Mašinski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, Niš, SCG, zzivota@masfak.ni.ac.yu

takođe i zbog standardizovanih procedura održavanja, specijalizovanih alata i značajnih stečenih iskustvima po tipovima korišćenih modula. Da bi mogla da se obezbedi laka izmenljivost modula, kao i kompatibilnost ugradnje sa ostalim tipovima modula sa kojima se pojedini moduli mogu da uklapaju u funkcijsku celinu, potrebno je da se obezbediti da se na modulima predvidi jedinstveni način integracije sa drugim različitim modulima, tako da je i u tom delu izvršena neophodna standardizacija. Time je obezbeđena ne samo izmenjivost modula iz familije modula baziranoj na zajedničkoj osnovi, već i zamena jednog tipa modula nekim drugim tipom, kada je to potrebno.

U procesu održavanja modularno izgrađenih železničkih vozila takođe je bitno i to da se za svaki modul posebno, ili makar za one najvažnije, razvija i uvodi nadzorni sistem za nadgledanje i dijagnostika rada u toku eksploatacije, čime se pravovremeno detektuju neregularna ponašanja i potencijalni otkazi komponenata modula. Slično se razvijaju i upravljački sistemi po odgovarajućim blokovima, koji se kasnije integrišu u jedinstveni upravljački sistem koji ima predviđene kontrolne ulaze i izlaze za različite tipove modula koji treba da budu uključeni u kontrolni proces.

Još jedna veoma značajna prednost korišćenja modularizacije i standardizacije komponenata, sistema i sklopova pri projektovanju i izgradnji železničkih vozila je ta što ako se kod nekog tipa modula kod koga se u toku eksploatacije u više pojedinačnih slučajeva utvrdi pojava identičnih problema u radu, tada se vrši identifikacija stanja i uzroka koji dovode do takvih pojava i onda se u što kraćem vremenu na svim modulima te familije vrše odgovarajuće intervencije kojima se sprečava da se slične pojave jave i u ostalim slučajevima primene modula tog tipa. Time se vrši preventivno održavanje i blagovremeno sprečavanje ispadanja iz funkcije ostalih voznih sredstava kod kojih je ugrađen neki od modula kod kojih postoji potencijalna mogućnost pojave predviđenog neregularnog stanja. Pored ovoga, praćenjem ponašanja određenog tipa modula može se vršiti njegova optimizacija u konkretnim realnim uslovima eksploatacije, a onda se dalje, na osnovu postignutih iskustava, ti efekti optimizacije proširuju implementiranjem i kod ostalih modula tog tipa koji rade pod istim uslovima, čime se funkcionisanje takvih voznih sredstava na kojima su ugrađeni ti moduli podiže na viši nivo.

Ovi moduli u osnovi predstavljaju nezavisne sisteme projektovane i testirane savremenim pristupom projektovanja i vođenja proizvodnje primenom računara u virtuelnom okruženju. Tako se korišćenjem simulacija trodimenzionalnih modela mašinskih sklopova na različitim nivoima procesa projektovanja vrši provera njihovog dinamičkog ponašanja i funkcionisanja u virtuelnim uslovima eksploatacije, otkrivaju se mesta potencijalnih grešaka i predviđa mogućnost otkaza, vrši optimizacija i konačno se razvijaju kreativniji i pouzdaniji proizvodi uz redukciju vremena i ukupnih troškova potrebnih za stvaranje novog proizvoda. Zatim su ovako dobijeni moduli testirani i provereni eksperimentalnim analizama u realnim uslovima, kao i u direktnoj eksploataciji u drugim, već realizovanim vidovima modularne gradnje. Na ovaj način se korišćenjem standardnih modula ostvaruju uštede ne samo u troškovima proizvodnog procesa i skraćenju vremena isporuke ovako realizovanih modularnih vozila, već se i troškovi i ukupno vreme održavanja smanjuju mogućnošću zamene celokupnog modula ispravnim. Štaviše, zamenom pojedinih starih modula novim i savremenijim mogu se, s vremena na vreme, vršiti dodatna unapređenja i usavršavanja postojećeg sklopa manevarske lokomotive ili promena potpunog koncepta zamenom vrste pogonske grupe na primer.

2. PRIMER MODULARNE GRADNJA

Modularnom gradnjom primenjenom pri projektovanju i izgradnji manevarskih lokomotiva neophodnost da se obzirom na veoma raznovrsne zahteve u pogledu manevarskog rada, za svaki konkretan slučaj porudžbine individualno vrši razvoj i projektovanje koncepta novog vozila, zamenjuje se kombinovanjem postojećih modula. Time se postižu najbolje performanse pri sklapanju manevarske lokomotive i zadovoljavaju različite individualne potrebe kupaca koje mogu da se ogledaju u potrebi za naročitim karakteristikama (vrsta pogona i tip prenosa, snaga i vučna sila, brzina, gabaritne mere, težina i izgled, stepen automatizacije i nivo dijagnostike i slično), ekonomskim aspektima ili specifičnoj primeni. Prednost ovakvog načina modularne gradnje leži u činjenici da se sklop manevarske lokomotive, kao jedinstvene celine, dobija međusobnim povezivanjem razdvojivim vezama odgovarajućih i za konkretne potrebe optimalnih modula. U opštem slučaju za modularni način izgradnje manevarskih lokomotiva kao karakteristični moduli mogu da se iskoriste sledeći osnovni moduli:

- Upravljačnica;
- Motor;
- Prenosnik;
- Ram i
- Osovinski sklop.

Sl. 1 Dizel hidraulična troosovinska ranžirna lokomotiva SIEMENS M05

U ovom radu će prednosti modularne gradnje manevarskih lokomotiva biti prikazane na primeru dizel hidraulične troosovinske ranžirne lokomotive SIEMENS M05 prikazane na sl. 1, koja predstavlja jednu vrlo uspešnu, ekonomičnu i snažnu manevarsku lokomotivu za potrebe ranžiranja i isporuke u oblasti snage 520 - 635kW. Konsekventni tehnički moduli i uspešna sinteza pogona, upravljanja i regulacije čine ovu manevarsku lokomotivu jednom pouzdanom lokomotivom sa visokom efikasnošću korišćenja i optimalnim procesom održavanja. Modularni koncept MH05 bazira se na preporukama za standardne dizel lokomotive.

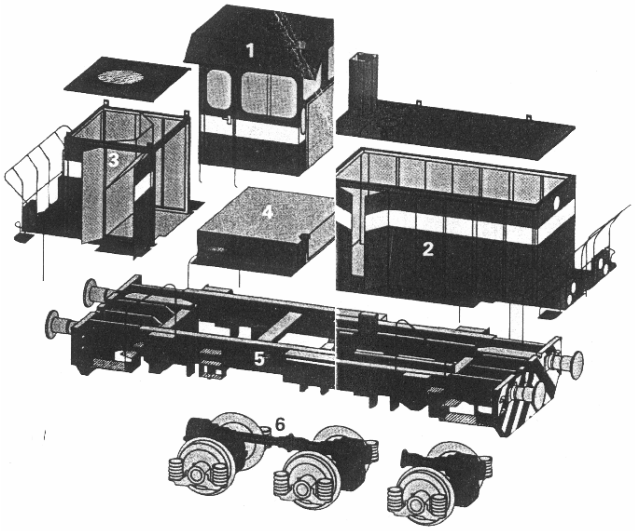
Sve prednosti primene modularnog principa gradnje ove manevarske lokomotive mogu da se izlože u jednom pregledu:

- modularni sastav sa odličnom mogućnošću prilaza;
- brza zamenljivost konstitutivnih modula razdvajanjem manjih zavojnih spojeva i rastavljanjem električnih veza;
- skraćeno vreme nadgledanja pomoću zamene modula i na taj način povećana raspoloživost voznog sredstva
- moguće je zameniti zastarele module savremenim i efikasnijim modulima;
- modularno izgrađeno elektronsko upravljanje sa integrisanom regulacijom graničnog opterećenja za optimalno iskorišćenje u odnosu na vrednosti trenja između točka i šine;
- ugrađena dijagnoza sa mogućnosti proširenja do polu- i potpuno automatizovanog pogona;
- robusni okvir od punog profila;
- ukupna masa 60-67.5 tona sa mogućnošću izbora;
- koncept kućice mašinovođe urađen sa najboljom srazmerom vidljivosti zahvaljujući bočnim prozorima i sa optimalnom zaštitom bez obzira na vremenske uslove;
- optimalna srazmera vidljivosti u daljinskom upravljanju pogona kod svakog od 4 posebno prostorno ograničena položaja ranžiranja;
- veoma velika zapremina rezervoara (2100 l) za dugotrajnu primenu u ranžirnom pogonu i veliki radijus kretanja u službi isporuke;
- kabliranje u tehnici razgranatih kablova sa rasprostranjenim nehalogenim kablovima i ostalo.

Na sl. 2 dat je prikaz modularnog načina izgradnje ranžirne lokomotive SIEMENS MH05 sa iskorišćenim osnovnim modulima:

1. Kućica mašinovođe;
2. Modul motora sa podgrupama;
3. Rashladni modul;
4. Rezervoar;
5. Okvir od punog profila i
6. Osovinski sklop.

Upravljačnica, odnosno kućica mašinovođe kao jedno ergonomsko radno mesto je postavljena visoko, izolovana je od toplote i zvuka i omogućava odličan odnos vidljivosti u oba vozna pravca. Unutrašnji prostor, usklađen i konstruisan prema ergonomskim tačkama vidljivosti, nudi udobno radno mesto koje kroz dodatnu opremu, kao što je klima uređaj na primer, može još povoljnije da se oceni. Elektronski sistem za memorisanje podataka o lokomotivi omogućava da sa upotrebom voznog štampača u upravljačnici mogu da dokumentuju sva dešavanja u toku radnog režima kao što su neophodni podaci za dijagnozu i nadgledanje, klasifikacija voznih smena mašinovođa, vremenski zapisi stanja greške lokomotive, prethodna dešavanja kod nezgoda i ostalo u toku radnog režima u jednom dugačkom vremenskom periodu. Svi sakupljeni podaci mogu da se prenesu na neki spoljni računar i tamo vizualizuju i obrade.



Sl. 2. Prikaz modularnog načina izgradnje MH05 sa iskorišćenim osnovnim modulima

U potpuno opremljenom modulu motora osnovu ove dizel hidraulične manevarske lokomotive čini dizel motor proizvođača Caterpillar iz serije Cat (sa mogućim varijantama motora Cummins, MAN, MTU i MWM) sa hidrauličnim prenosnikom tipa Voith. Od pomoćnih modula tu se nalaze prigušivači buke, usisnici vazduha i podgrupa koja se odnosi na izbacivanje izduvnih gasova. Zatim postoji hidraulična struktura sa hidrostatičkom pumpom i rezervoarom ulja, kompresor za komprimovanje vazduha i dva rezervoara vazduha sa velikom zapreminom i modul vazduha pod pritiskom sa kočionom tablom i uređajem za sušenje vazduha. Takođe postoji i uređaj za zaštitu od izbacivanja i proklizavanja koji brine za sigurnu vožnju u oblastima graničnog opterećenja i nudi različite programe za upravljanje i regulaciju, koji garantuju iskorišćenje najbolje moguće vučne sile pri svim različitim uslovima vuče. Tako se u vučnom režimu rada obezbeđuje zaštita od izbacivanja, zaštita od kotrljanja, ograničenje potezne sile, regulacija proklizavanja, automatsko peskarenje i regulacija graničnog opterećenja, dok se u kočionom režimu rada realizuje zaštita od proklizavanja, regulacija izbacivanja i automatsko peskarenje. U ostalim radnim režimima vrši se prepoznavanje smera kretanja, nadzor stanja mirovanja, regulacija brzine i osiguranje kotrljanja.

Rashladni modul sa kompenzacionim rezervoarom hladne vode se ugrađuje u zavisnosti od tipa i snage motora a u funkciji potrebnog rashladnog kapaciteta.

Čvrstozidni rezervoar je od jakog materijala sa zapreminom od 2100 litara i mogućnošću prilagodljivog oblika u skladu sa raspoloživim prostorom koji diktira postavljanje dopunskih modula. Dopunljiv je gorivom direktno sa spoljne strane preko jednog levog i desnog otvora.

Okvir lokomotive je izgrađen iz punog profila i prilagođen je za postavljanje ostalih sastavnih modula.

Kod osovinskog sklopa su kotrljajno uležišteni točkovi za sve tri ose jednake strukture, od kojih je jedna primarna kardanska osovina, dok su preostale dve sekundarne kardanske osovine. Sile vuče i kočenja su prenosive sa ekstremno malim habanjem usled pogodne kombinacije materijala. Pomoću elastičnog vođenja zadnjih točkova i mogućnosti poprečnog klizanja srednjeg točka su povoljne

vozne karakteristike obezbeđene takođe i pri lošijem položaju šina. Pored samog prenosnika osovinskog sklopova postoji i modul kočionog sistema sa vazduhom pod pritiskom za pločice kočnica, peskara, kao i deo za podmazivanje venca točka.

Jedna od mogućih struktura manevarske lokomotive SIEMENS MH05 koja može da se dobije primenom opisanog modularnog koncepta izgradnje data je sledećim pregledom osnovnih karakteristika.

Motor	Caterpillar 3412 Dl-T
Snaga motora	522 kW
Prenosnik	Voith L3r4U2
Ulazna snaga	470 kW
Vođeni točak Ø	960 mm
Redukcija pogonske osovine	5,15
Maksimalna brzina	45 km/h
težina lokomotive sa adhezijom	66 t
Dužina sa odbojnicima	9860 mm
Širina	3000 mm
Visina sa gornjom stranom krova	4060 mm
Obeležje ose	C
Ukupno rastojanje između točkova	4000 mm
Prečnik točka nov	1000 mm
Prečnik točka korišćen	920 mm
Širina koloseka	1435 mm
Ukupna masa	do 67.5 t
Opterećenje osovine	do 22.5 t
Gorivo	2100 l
Pesak	350 / 700 l
Sadržaj rezervoara vazduha	800 l (2x400 l)
Protok komprimovanog vazduha	1800 l /min

3. ZAKLJUČAK

Ovako opisani moduli u osnovi predstavljaju nezavisne sisteme projektovane i testirane savremenim pristupom projektovanja i vođenja proizvodnje primenom računara u virtuelnom okruženju. Tako se korišćenjem simulacija trodimenzionalnih modela mašinskih sklopova na različitim nivoima procesa projektovanja vrši provera njihovog dinamičkog ponašanja i funkcionisanja u virtuelnim uslovima eksploatacije, otkrivaju mesta potencijalnih grešaka i predviđa mogućnost otkaza, vrši optimizacija i konačno se razvijaju kreativniji i pouzdaniji proizvodi uz redukciju vremena i ukupnih troškova potrebnih za stvaranje novog proizvoda. Zatim su ovako dobijeni moduli testirani i provereni eksperimentalnim analizama u realnim uslovima, kao i u direktnoj eksploataciji u drugim, već realizovanim vidovima modularne gradnje. Na ovaj način se korišćenjem standardnih modula ostvaruju uštede ne samo u troškovima proizvodnog procesa i skraćenju vremena isporuke ovako realizovanih modularnih vozila, već se i troškovi i ukupno vreme održavanja smanjuju mogućnošću zamene celokupnog modula ispravnim. Štaviše, zamenom pojedinih starih modula novim i savremenijim mogu se, s vremena na vreme, vršiti dodatna unapređenja i usavršavanja postojećeg sklopa manevarske lokomotive ili promena potpunog koncepta zamenom vrste pogonske grupe na primer.

ZAHVALNOST

Rad je urađen u okviru projekta MIS.3.06.0135.B "Razvoj savremenog manevarskog vozila" finansiranog od strane Ministarstva nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije.

LITERATURA

[1] Diesel-Electric Locomotives, Class ME 05, Reference List, Siemens AG – Transportaton Systems, www.siemens.com/ts.

[2] Möller, H., Matschke, G., Hatzel, M.: "High Speed Train Europe: Flexible modular train concept for optimising costs, reliability and LCC", World Congress on Railway Research, Edinburgh, Scotland, UK, 2003.

[3] Lückel, J., Grotstollen, H., Jäker, K.-P., Henke, M., Liu, X.: "Mechatronic Design of a Modular Railway Carriage" Proccedings of IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronic, USA, 1999.

[4] Karch, S., Schlaht, G.: "Platform Aided Product Development for Rail Vehicles", World Congress on Railway Research, Köln, Germany, 2001.

A MODULAR CONCEPT OF SHUNTING LOCOMOTIVES DESIGNING AND BUILDING

Miloš Milošević[1], Nenad Pavlović[2], Života Živković[3]

Abstract – *Some rolling stock already now, but all the rail vehicles systems of the very near future, have a modular platform as a base on which some other customized variants of blocks are to be mounted on a consistent modular design principle. This will be the principle no matter whether passenger or freight coaches, motor trains or locomotives are taken into consideration. In this way obtained vehicles will be useful for different purposes and will be able to fulfill specific demands and wishes of many users. The benefits of this way of designing and building by using standardized components, assemblies or even more whole systems are reflected in an economical and worthwhile producing process, even in a production in a little series, a cheaper final product and shorter developing and delivering time of a finished railway vehicle. Modularity and flexibility of modules provide reducing of maintaining expenses and times for maintaining and repairing processes, by which efficiency of using a railway vehicle is raised on a higher level. By this approach the world market and different customers' demands, as a result of the modular design concept of producing rolling stock, direct the world rail vehicles industry in the direction of making "Trains from the catalogue". In this paper a review of the modular concept in rolling stock designing and building on an example of a modern diesel-hydraulic shunting locomotive SIEMENS M05 with three axles is given.*

Key words – shunting locomotive, designing, building, modular concept

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

RADNI USLOVI NA VUČNIM VOZILIMA

Radisav Vukadinović [1], Danilo Paunović [2]

***Rezime**: Programiranje mera zaštite na radu na vučnim vozilima jeste deo mera koje se preduzimaju kako bi uslovi rada bili bezbedni. Ovu zaštitu predstavljaju aktivnosti kojima se smanjuju neposredni uticaji na radnika i kojima se oni štite od buke u prostoru gde rade. Takođe, ovu zaštitu čine i aktivnosti za kondicioniranje vazduha u kabini mašinovođe i obezbeđenje sanitarno-tehničkih uslova pri gradnji novih voznih sredstava.*

Ključne reči: železnica, buka, železnička vozila, zaštita na radu

1. UVOD U PROBLEM

Radne uslove u upravljačnicama na vučnim vozilima koji su uticajni na rad mašinovođe i ostalog osoblja u osnovi karakterišu sledeći osnovni faktori: temperatura, relativna vlažnost i zasićenost vazduha, brzina strujanja vazduha, buka, vibracije, potresi i drugi uticaji.

Zbog različitih i specifičnih zahteva i problema u vezi zaštite radnika koji rade na gradnji i održavanju vučnih vozila kao i mašinovođa pri njihovoj ekspolataciji, koji proizilaze iz intenzivnih tehničko - tehnoloških promena u oblasti rada i proizvodnje novih tipova vučnih vozila u radu će se uglavnom obuhvatiti mere kojima se poboljšavaju uslovi rada na vučnim vozilima u pogledu:

- poboljšanja konstrukcije vučnih vozila u cilju smanjenja buke;
- kondicioniranja vazduha u kabini mašinovođe u cilju poboljšanja mikroklimatskih uslova i
- poboljšanju ostalih sanitarno - tehničkih uslova na vučnim vozilima u procesu njihove gradnje.

2. STVARANJE BUKE NA VUČNIM VOZILIMA I MERE ZAŠTITE

2.1. Izvori buke na vučnim vozilima

Mehaničkim oscilovanjem zvučnog izvora, u prostoru oko njega se stvara promenljivo fizičko stanje za šta je potreban utrošak određene akustične (zvučne) energije.

Buka se može proizvesti na sledeće načine:

- vibracijom čvrstih konstrukcija
- kretanjem vazduha duž čvrstih konstrukcija, i
- turbulentnim mešanjem vazduha koji se brzo kreće sa vazduhom koji se relativno sporo kreće.

Buka se karakteriše: brzinom rasprostiranja, frekvencijom i talasnom dužinom.

Buka je dakle akustični fenomen koji nastaje zbog različitih vibracija koje mogu biti štetne za čoveka, počev od oštećenja, određenih smetnji pa do pojedinih psiholoških odnosno patoloških reakcija, što zavisi od određenog nivoa njene jačine odnosno intenziteta i učestalosti dejstva.

Buku kao akustični fenomen možemo definisati kao složen zvuk sa kontinualnim spektrom promena frekvencije i zvučnog pritiska, okarakterisan snagom i brzinom prostiranja zvučnih talasa, koji manifestuju pojavu neugodnih, a samim tim i nepoželjnih akustičnih senzacija. Buka tj. zvuk jeste energija u obliku talasa pritiska.

Poznato je da od navedenih osnovnih fizičkih veličina dve veličine: pritisak (P) i frekvencija (f_i) zvučnoig talasa - presudno utiču na stepen i obim doživljavanja zvuka, pri čemu se zvučni pritisak oseća kao jačina zvuka, a od frekvencije zvučnog talasa zavisi visina percepiranog zvuka.

Treba napomenuti da je zavisnost između zvučnog pritiska (p) i osećaja jačine tj. intenziteta (I) zvuka u logaritamskom obliku na osnovu čega se definiše objedinjeni nivo dejstva energije (E), snage (P) i jačine (I) zvuka - kao nivo buke (L) po obrascu:

$$L = 10\log\frac{E}{E^0} = 10\log\frac{P}{P_0} = 10\log\frac{I}{I_0} = 20\log(p/p_0)[dB]$$

Referentne vrednosti intenziteta zvuka (I_0) i zvučnog pritiska (p_0) se podudaraju sa intenzitetom i pritiskom na slušnom pragu i frekvenciji od 1000 Hz, pa se prema tome te veličine nivoa energije, snage i jačine zvuka iskazuju datom logaritamskom zavisnošću kojom se definiše nivo buke.

Jačina buke iskazuje se subjetivnom jačinom zvuka.

Svako vučno vozilo za vreme kretanja i u toku upotrebe stvara buku određene jačine, čiji se izvori nalaze na samom vučnom vozilu.

Po svom položaju i prirodi izvori buke na vučnim vozilima mogu se grupisati u sledeće tri samostalne i dosta razgraničene celine, a to su:

- trčeći stroj u toku kotrljanja točkova po šinama, sa kočionim polužjem u procesu kočenja,
- pogonska oprema, obuhvata sve vrste aparata, mašina i uređaja glavnog i pomoćnog vučnog pogona čiji rad proizvodi buku, i
- spoljna površina kolskog sanduka, koja usled dejstva mehaničkih osilatornih kretanja i strujanja vazduha stvara potrese i šumove određenih frekvencija.

Problem buke postavlja oštre zahteve pred konstruktorima na što boljim rešenjima na suzbijanju i sprečavanju prodora buke kako u unutrašnjost vučnih vozila tako i u njegovu okolnu sredinu.

2.2. Nivo jačine buke kod vučnih vozila

Poznato je da buka tj.zvuk jeste energija u obliku talasa pritiska koja nastaje pri radu u mestu i pri kretanju vučnih

[1] dr Radisav Vukadinović, docent, Mašinski fakultet Niš
[2] Dipl.ing. Danilo Paunović, Njegoševa 46, Beograd

vozila. Unutrašnje uho ljudi je vrlo osetljivo i može razlikovati promene u pritisku buke od $2 \cdot 10^{-5}$ Pa (što predstavlja prag čujnosti) pa do 20 Pa (što predstavlja granicu bola) i frekvencije u rasponu od 16 Hz do 16000 Hz.

Međutim, iz praktičnih razloga, na osnovu predhodnih elemenata usvojeno je da se nivo pritiska buke, ili kraće rečeno - nivo buke, iskazuje jedinicom decibel (dBA) na osnovu čega se klasifikuju određeni nivoi buke.

Dugotrajno baljvenje osoblja (mašinovođe i pomoćnika) u kabini - upravljačnici vučnog vozila pri buci, ako ona znatno prevazilazi propisane norme, dovodi do opšte razdražljivosti i zamaranja nervnog sistema, a dužina i ponavljanje dejstva takve buke s vremenom izazivaju i gubitak sluha.

U tabeli 1 date su veličine buke u dB koje karakteristično deluju na organizam čoveka

Tabela 1

Ujednačenje buke (dB)	Dejstvo buke na čoveka	Ujednačenje buke (dB)	Dejstvo buke na čoveka
80	buka osetna početak gubitka sluha	115	razgovor isključen
90	buka uznemirujuća, razgovor otežan	120	buka zaglušujuća i razdražujuća
100	buka smeta	125	osećaj bolova
110	neprijatno jak zvuk	140	gornja granica gubitak sluha

Na osnovu brojnih medicinskih i psihosocioloških ispitivanja iz ove oblasti utvrđeno je da buka već pričinjava smetnje za čoveka kada jačina zvučnog nivoa pređe prag od 55 dB(A), dok veće neprihatnosti i smetnje većeg stepena nastaju sa prekoračenjem nivoa od 65 dB(A).

Međutim, kao maksimalni dopušteni nivo buke u industrijskim i saobraćajnim procesima uzima se nivo najviše do 85 dB(A).

Ispitivanja su pokazala da je nivo buke na području akustike u granicama 0-120 dB. Buka niža od 120 dB ne može se smatrati škodljivom.

Prema raspoloživim podacima, maksimalan nivo buke u mašinskim halama kreće se 95-120 dB, u halama za ispitivanje motora 105-113 dB, u halama za proizvodnju dizel motora 101-106 dB, u mašinskom prostoru dizel lokomotive 107-120dB. Danas u kabinama mašinovođa na nekim lokomotivama buka dostiže 100 dB, pa i više.

Po najnovijoj Objavi UIC-a 651 OR od aprila 2001, tačka 2.10, ujednačenost visine buke merene preko 30 minuta u kabini mašinovođe ne sme da pređe 78 dB (A) pri pokretnoj snazi u ujednačenom radu i brzini od 160 km/h

Buka na vozilu sme da iznosi za:

a. otvorenu prugu ≤78dB(A) (obavezna) ≤75 db (A) (poželjna visina)

b. u tunelu, bez obzira na oblik izgradnje ≤83 dB (A) ≤80 dB (A) (poželjno).

c. za vreme mirovanja ako su pomoćni uređaji u pogonu i prozori zatvoreni ≤68dB(A)

Napomenimo da se ujednačenje buke meri pri kretanju lokomotive konstrukcionom brzinom, pri svim položajima ručice za režim rada, pri radu energetskih i pomoćnih uređaja.

Referentni prag nivoa buke po međunarodnim normama o zaštiti na radu prikazan je u tabeli 2.

Iz dosadašnje prakse i mesta izvora buke na železničkim vozilima jasno se vidi da "borbu" s bukom treba voditi u dva pravca:

- boljom, odnosno savršenijom konstrukcijom uređaja i sklopova koji će izazivati manju buku, primenom protivzvučne izolacije između izvorišta i radnog mesta čoveka;
- savremenijom konstrukcijom pogonskih i pomoćnih agregata kojima se opremaju železnička vozila. Najefikasnija rešenja za zaštitu od buke jesu kada se buka još na samom izvoru ograniči tako što se izoluje izvorište prigušivačem ili kada se izvorište obloži materijalom za upijanje, odnosno apsorpciju zvuka, što sprečava širenje buke.

Svi materijali koji bi došli u obzir za oblaganje i izolaciju nemaju istu sposobnost upijanja zvuka pri različitim frekvencijama.

Tabela 2

Frekvencija (Hz)	standard (dB)		Frekvencija (Hz)	standard (dB)	
	ASA	ISO		ASA	ISO
125	54.5	45.5	2.000	17	8.5
250	39.5	24.5	3.000	(16)	7.5
500	25	11	4.000	15	9
1.000	16.5	6.5	6.000	(17,5)	8
1.500	(16,5)	6.5	8.000	21	9.5

Napomena: brojevi u zagradama su interpolacija

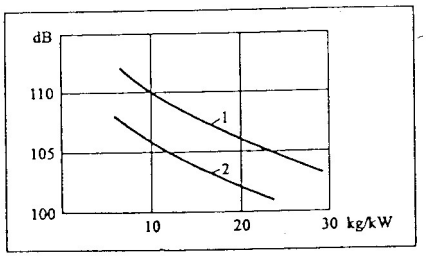
Kod dizel vučnih vozila najveći uticaj na jačinu buke ima rad motora. Ova buka uglavnom je mehaničkog porekla i potiče od:

- pogonskog uređaja i pomoćnog mehanizma,
- lupanja ventila s klackalicama,
- vibracija obloge

Vibracija motora i motornih delova potiče od dinamičkih sila koje utiču na pokretne delove. Njihova jačina zavisi od mase pokretnih delova, količine ubrizganog goriva, paljenja, slabog balansiranja pokretnih delova, kao i od veličine zazora u ležištu.

Za smanjenje buke motora potrebno je povišenje frekvencije kretanja pojedinih delova motora i primena materijala koji imaju mogućnost prigušivanja zvuka.

Buka i vibracije kod dizel motora rastu sa smanjenjem njegove zapreminske mase na jedinicu snage (sl.1). Povećanje snage savremenih dizel motora proizilazi ne toliko iz usavršavanja konstrukcije dizel motora, nego iz smanjenja njegove zapreminske mase na jedinicu snage. Otuda sledi da borba sa bukom i viracijama u dizel lokomotivama koje će se proizvoditi u budućnosti dobija sve veće značenje. Zato, ako su nas u poslednje vreme kod motora dizel lokomotiva interesovale uglavnom njegove tehničke karakteristike i ekonomičnost, to će ubuduće kod novih tipova lokomotivskih dizel motora biti predviđeni dopunski zahtevi za ograničenje buke i vibracija.



Slika 1 - Zavisnost jasčine buke (1) i vibracija (2) dizel lokomotive od njene zapreminske mase pri konstantnom broju obrtaja.

Praksa izgradnje dizel motora pokazuje da je moguće osloboditi se buke nastale kretanjem vazdušnih struja u cevima na račun smanjenja brzine i primenom zaštitne zvučne izolacije.

Smanjenje buke takođe se postiže boljim pričvršćivanjem cevnih provodnika dajući im ravnomeran prelaz na mestima savijanja. Za smanjenje buke od izduvnih gasova primenjuju se prigušivači.

Buka stvorena u mašinskom prostoru dizel lokomotive prenosi se u kabinu mašinovođe s nešto oslabljenim intenzitetom, ali još uvek taj intenzitet ne prelazi granicu ujednačenosti (75 do 80 dB) i dostiže buku i do 100dB, pa i više.

ISO standardi propisali su jačinu buke prilikom mimoilaženja, pokretanja i stanja vozila.

Buka prilikom mimoilaženja

Sa A procenjeni nivo vazdušnog pritiska buke u mimoilaženju, izmeren na 25 m od ose koloseka i 3,5 m iznag GIŠ-a, pri maksimalnoj brzini ne sme da prekorači vrednost od 78 dB(A).

Buka pri pokretanju

Sa A procenjeni nivo vazdušnog pritiska buke pri pokretanju pri maksimalnoj snazi, meren na 7,5 m od ose koloseka i 1,2m, odnosno 3,5 m iznad GIŠ-a, ne sme da prekorači vrednost od 85dB (A).

Buka pri stajanju

Sa A procenjeni nivo vazdušnog pritiska buke prilikom stajanja, dok su agregati u radu, meren na 7,5 m od ose koloseka i 1,2 m, odnosno 3,5 m iznad GIŠ-a, ne sme da prekorači vrednost od 70dB (A).

U daljem razmatranju kao primer su uzeta ispitivanja i privremene norme železničkog parka bivšeg SSSR-a i pravila za ograničenje buke na osnovu kojih se proizvode vozila železničkog parka. Ovo se zasniva uglavnom na:

- fizičkim parametrima buke - intenzitetu ili ujednačenju bučnosti i frekventnom stanju,
- dugotrajnosti uticaja buke na organizam, zavisno od proizvodnih osobina i dugotrajnosti putovanja putnika u takvoj sredini

Prigušujući materijali, naneti razbrizgavanjem - metalizacijom na metalne elemente konstrukcije tako su usavršeni da se novija sredstva zvučne izolacije ne tretiraju bez njihove primene.

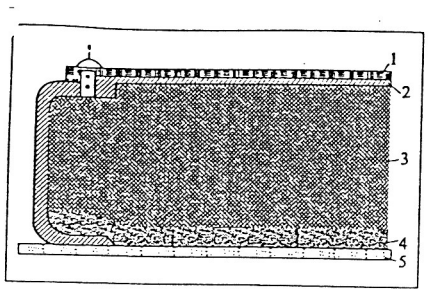
Praksa je pokazala da je korisno nanositi samo amortizirajuće prevlake u količini od 20% mase lima. Uzajamni odnos između mase lima i nanesene prevlake potpuno je dozvoljen. Upijanje zvuka veoma je efikasno. Od 100-3.200 Hz dobija se srednji iznos veličina zvučne izolacije za modele bez prevlake i s prevlakom (tabela 3.)

TABELA 3.

Debljina prevlake (mm)	Težina po površini (kg/m^2)	Srednja veličina zvučne izolacije (dB)	Poboljša nje (dB)
bez prevlake	-	27,7	-
2,4	1,9	31,5	3,8
6,3	4,9	34,5	7

Za prigušivajuće prevlake postavljaju se izvesni zahtevi. One moraju da čine dobru celinu s metalnom oblogom, da imaju visoku korozivnu postojanost, malu zapreminsku masu, nisku toplotnu provodljivost i apsolutnu postojanost prema mazivu i dizel gorivu.

Konstruktivno izvođenje višeslojne zvučne izolacije prikazano je na sl.2 tu se praktično pokazalo da je korisno jednovremeno uptrebljavati sva moguča sredstva za borbu protiv buke. Na spoljnjem limu (5) obloge lokomotive prevučene antikorozivnom bojom nanesen je sloj (4) materijala za prigušivanje vibracija debljine od 4 do 5 mm. Na ovu amortizacijonu oblogu nanosi se sloj (3) od vlaknastog materijala debljine do 50 mm. Od mehaničkih oštećenja taj materijal treba zaštititi aluminijumskim perforiranim limom (1). Da bi se sprečilo prodiranje čestica vlaknastog materijala, kroz otvore ispod perforiranog lima polaže se umetak (2) tekstila za nepropustivost prašine.



Sl.2 - Višeslojna zvučna izolacija

3. KONDICIONIRANJE VAZDUHA U KABINI MAŠINOVOĐE

U ekspolataciji vučnih vozila potrebno je obezbediti termički prihvatljive mikro-klimatske uslove u upravljačnicama vučnih vozila, koji su neophodni za boravak ljudi u njima. Smatra se da je ovaj uslov ispunjen ako u bilo kom trenutku između količine toplote i vlade koju odaje čovekov organizam i količine vlage koju vazduh u radnoj prostoriji (upravljačnici) može da upije, bude obezbeđen nulti bilans.

Izučavanje temperaturnih uslova u kabini mašinovođe vučnog vozila pokazalo je da leti temperatura vazduha prekoračuje propisanu normu. Naročito su teški uslovi rada na prugama gde je u nekim predelima temperatura vazduha veoma visoka. Duže bavljenje čoveka u prostoriji gde je temperatura više od 37^{0}C izaziva pregrevanje tela (toplotni udar), kao i zamor i smanjenje pažnje. Poznato je da se održavanjem normalnih klimatskih uslova u radnim prostorijama ugradnjom uređaja za eksploataciju kondicioniranog vazduha u industriji povećava produktivnost za 10% i smanjuje procenat obolenja za više

50%. U vezi s tim, neophodno je stvoriti odgovarajuće klimatske uslove u kabini mašinovođe.

Hlađenje mašinovođine kabine ventilatorima ne daje dobre rezultate. Ovaj način ne osigurava sniženje temperature u prostoriji, naročito leti (pri spoljnoj temperaturi većoj od 30^0C). Pitanje sniženja temperature u kabini mašinovođe treba rešavati primenom uređaja za kondicioniranje vazduha, koji se sve više koristi u raznim oblastima privrede.

Za normalne uslove rada mašinske partije neophodno je obezbediti:

- takav režim rada uređaja za kondicioniranje vazduha da se pri proizvoljnim parametrima spoljnjeg vazduha parametri u kabini mašinovođe (temperatura, vlažnost i brzina kretanja) usaglase s prirodnom toplotom čovečjeg organizma.
- čistoću ulazećeg vazduha od prašine, gasova, pare i mikroorganizama.

Neophodno je poštovati norme UIC 651-OR koje se odnose na uslove za tehničku bezbednost i higijenu proizvodnje za projektovanje i građenje voznih i manevarskih lokomotiva:

Sredja temperatura vazduha u kabini:

1. tokom jeseni, zime i proleća 18-23^{0}C
2. leti, pri temperaturi spoljnjeg vazduha
   do 27^0C 20-22^0C
   do 35^0C 25^0C
   do 40^0C 28^0C
3. odgovarajuća vlažnost vazduha u granicama 35-65%
4. granica dozvoljene koncentracije ugljen-dioksida 11/m^3
5. granica dozvoljene sadržine prašine u vazduhu 1mg/ m^3
6. količina dovedenog spoljnjeg vazduha u kabini mašinovođe po jednom čoveku ne manje od 30 m /h (UIC 651 tačka 2.9.2)
7. brzina strujanja vazduha u zoni radnog mesta mašinovođe i pomoćnika (UIC 651 tačka 2.93.) 0,25 -0,30 m/s
8. pad temperature vazduha u kabini mašinovođe na nivou poda i visini od 1,5m do 2 m od poda kreće se u granicama 5-10^0C
9. razlika temperature unutrašnjih površina kabine mašinovođe (zidova, poda, tavanice) i vazduha kabine u jednom nivou ne sme biti veća 5-6^0C
10. kabina mora biti hermetična

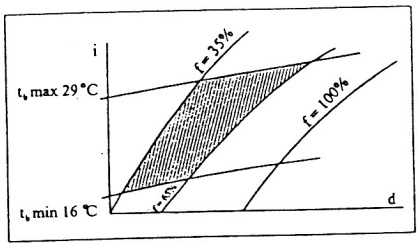
Da bi rad uređaja za kondicioniranje vazduha bio efikasan, kabina mašinovođe mora da bude toplotno izolovana i bez pukotina i otvora.

Pri kretanju lokomotive u sredini koja je okružuje obrazuju se zone visokog i niskog pritiska. Kao rezultat toga u kabini mašinovođe stvara se razređeni vazduh koji se naročito jako oseća pri velikim brzinama. Modernizacijom sredstava brzina kretanja vazduha neprestano se povećava. Za dobijanje normalnih uslova rad mašinskih partija neophodna je hermetičnost kabine mašinovođe na vučnim vozilima. U takvim slučajevima vožnja mora da se obavlja uglavnom sa zatvorenim prozorima.

Veliki pad temperature izazivaju otvoreni prozori. Takve promene temperature nisu dozvoljene jer mogu da izazovu oboljenja. Ovako velika kolebanja temperature zbog otvorenih prozora dešavaju se i leti pri radu uređaja za hlađenje i efikasnost uređaja znatno se smanjuje.

Uređaj za kondicioniranje vazduha predstavlja kompleks uređaja koji obezbeđuju hlađenje i zagrevanje, čišćenje od mehaničkih i hemijskih primesa, sušenje i vlaženje vazduha.

Propisani tehnički uslovi ograničavaju temperaturu u kabini mašinovođe u granicama od $t_{bmin}=18^0$C do $t_{bmax}=28^0$C (u zavisnosti od temperature spoljnjeg vazduha) i odgovarajuće vlažnosti vazduha u granicama f= 35-65%. Ovo može biti prikazano na i-d dijagramu vlažnosti vazduha u vidu šrafirane površine (sl.3)



sl.3-Zona dozvoljenog kolebanja parametara vazduha u kabinimašinovođe za sva godišnja doba.

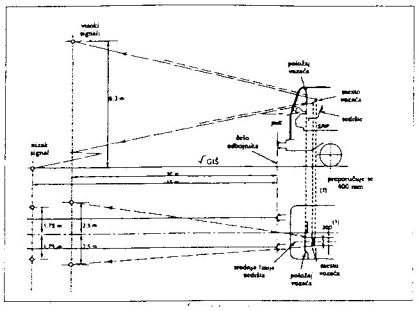
Približni spoljni klimatski uslovi mogu biti izraženi na i-d dijagramu površinom koja je s gornje strane ograničena proračunskom maksimalnom temperaturom vlažnošću. Leva i desna strana površine ograničene su krivim linijama minimalne i maksimalne relativne vlažnosti. Donja strana površine ograničena je linijom izoterme minimalne temperature. Način pripreme vazduha u kondicioneru treba da bude najprostiji i najekonomičniji, kako u odnosu prvobitnih rashoda, tako i u odnosu eksploatacije rashoda na hlađenje i zagrevanje vazduha. Osim toga, broj uređaja za automatsku regulaciju mora biti minimalan.

4. OSTALI SANITARNO-TEHNIČKI USLOVI PRI GRADNJI MODERNIH VUČNIH VOZILA

1. Površina poda kabine za mašinovođu (prema spoljnim dimenzijama sanduka) ne sme biti manja za lokomotive otvorene pruge od oko 6m^2, a za manevarke od oko 5,5 m^2.
2. Odnos površine prozora prema površini poda treba da bude:
   a. u kabini mašinovođe ne manje od 0,4 m^2
   b. u mašinskom prostoru (bez visokonaponske kabine) 0,12 - 0,15 m^2
3. Normirana veštačka osvetljenost mora se ostvariti:
   a. u kabini mašinovođe na nivou pulta i uređaja jačine od 20 luksa;
   b. na komandnoj tabli (sa svetlosnim filtrom zelene boje, slabe napetosti) 1,2 luksa;
   c. u mašinskom prostoru i na visokonaponskoj tabli ravnomernom svetlošću ne slabijoj od 30 luksa.
4. Unutrašnje bojenje kabine, mašinskog prostora i instalacija izvodi se u saglasnosti s tablicom formiranja boja.
5. Na radnom mestu mašinovođe i pomoćnika (sedišta i pod) veličina vibracija mora se prilagoditi rezonantnoj i nerezonantnoj frekvenciji i čovečjem organizmu, tj. ubrzanje osilatornog kretanja u cm/s^2 mora se prilagoditi visini frekvencije i procentu ponavaljanja.

6. Sedišta s naslonom za mašinovođu i pomoćnika moraju:
   a. biti udobna pri svakom radnom položaju,
   b. regulisati se po visini od nivoa poda i pomerati po dužini i poprečnom pravcu (UIC 651 tačka 3.2.2),
   c. imati amortizere i meko sedište.

Položaj i mesto vozača moraju biti regulisani tako (sl.4) da mašinovođa može besprekorno u svako doba da osmatra položaj i vidljivost signala. Pri tome moraju da budu ispunjeni sledeći uslovi:



Sl.4 Vidno polje mašinovođe

1. Vreme i brzina uočavanja signala nisu isti za učesnike u saobraćaju, već su individualni jer su neki ljudi sporiji, a neki brzi u psihomotornoj reakciji (brzina refleksa) i vremenu potrebnom za pokretanje očiju. Prema literaturi, najveći broj ljudi ima vreme reakcije koje se kreće u granicama od 165 do 185 hiljaditih delova sekunde.

Vreme reakcije znatno se produžava u situaciji u kojoj treba na odgovarajući način reagovati i to na različite signale i različitim nivoima (npr. položaj skretnica, signala, putni prelaz, otpravnik vozova itd). Ovo vreme reakcije u sekundama za svaki signal moglo bi se uzeti za vozila koja su u pokretu, a predmet osmatranja neosvetljen - skretnica (danju, a noću je lakše uočljiv jer ima svetlosni signal i reflekse samog signala), pogotovu ako je njegova pozadina dobro osvetljena. Ovo vreme zavisi i od brzine kretanja voza i položaja ručice za režim rada. Obično u praksi ovo vreme iznosi 1,65 sekundi.

2. Vreme potrebno za pokretanje očiju zbog oštrine vida oka je ograničeno. Brzina pokretanja očiju utoliko je značajnija što je brzina veća.

Za pokrete oka potrebno je određeno vreme:

- oko mora da fiksira predmet koji se želi videti. prosečno vreme fiksiranja iznosi oko 0,15 sekundi,
- oko prelazi ("skače") sa jedne fiksirane tačke na drugu. Vreme skoka iznosi oko 0,10 sekundi za pokret od 200. Ako je nova tačka gledanja izvan zadovoljavajućeg vidokruga, onda vreme skoka može iznositi i do 0,20 s
- oba oka moraju se harmonično kretati. Sočivo oka mora da se akomodira (prilagodi) za gledanje na određenu daljinu, a zenice konvergiraju i divergiraju (usmeravaju se prema tački gledanja) pri binakularnom gledanju (gledanju na oba oka) radi praćenja predmeta na različitoj udaljenosti. Za taj rad troši se prosečno 0,40 sekundi
- oko mora osmatrati put vožnje, putne prelaze i sve što se nalazi duž pruge (pružne opomenice, radnike, lagane vožnje i dr), a za sve te radnje troši se određeno vreme, koje je i te kako bitno za bezbednost kretanja u saobraćaju. Iz tih razloga standardi dobre vidljivosti i tehničkog opterećenja osoblja u kabini mašinovođe moraju se strogo poštovati.

5. ZAKLJUČAK

Razvoj železničkih voznih sredstava zasniva se na unapređenju nauke i tehnologije, bez kojih nema napretka.

Svaka gradnja i nabavka novih sredstava mora biti dopunjena zahtevima za većom i boljom zaštitom na radu radnika koji opslužuju vozila, bilo da je to putem boljeg tehničkog rešenja samih agregata ili izborom odgovarajućih materijala koji će pružiti adekvatnu zaštitu od buke, omogućiti bolje kondicioniranje vazduha u kabini i ostale sanitarno - tehničke uslove neophodne za siguran rad u kabini mašinovođe.

Iz navedenih razloga neophodno je strogo poštovanje postojećih normi o zaštiti na radu koje propisuju međunarodna zajednica i UIC svojim objavama za gradnju novih vozila

LITERATURA

[1] Busnikin, J., Vederov,B., Danskoi,E: Uslovi za rad lokomotivskog osoblja, Moskva 1963
[2] Metod obrazovanja kadrova iz oblasti zaštite na radu, Institut jugoslovenske i inostrane dokumentacije zaštite na radu, Niš, 1974
[3] Paunović, D.: Vučna vozila, tehnologija službe vuče i eksploatacije s proračunom vuče i troškovima vuče, Želnid,1990
[4] Objava UIC 651 OR, Struktura upravljačnice lokomotiva, motornih kola, motornih kola u sastavu voza i prikolica sa upravljačnicom, april 2001
[5] International Standard ISO 3381, 1.2.1976
[6] Dr R.Vukadinović: Ekološke karakteristike železnice i njenih voznih sredstava TŽV, 1986 MF Niš

PROTECTION AGAINST NOISE ON TRACTION VEHICLES

Radisav Vukadinović, Danilo Paunović

Summary: *The programming of measures of industrial safety is a part of measures taken to achieve the save workng conditions. This protection is represented by a set of activities establishing the basic assumptions for reduction of indirect impact on working people and protection against noice impact in working area, air-conditioning in the driver's cab, as well as the provision of sanitary/tehnical conditions in fuilding new rolling sto ck*

Key words: Railway, noice, railway vehicles, industrial safety

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

SUVREMENA RJEŠENJA I TEHNOLOGIJE PRIMIJENJENI KOD REKONSTRUKCIJE I MODERNIZACIJE LOKOMOTIVA SERIJE JŽ441 ZA ŽTP BEOGRAD

Ivica Gršković [1], Ivan Križanović [2], Dražen Kroflin [3]

***Sažetak**: Modernizacijom se električne lokomotive dovode na viši tehnički nivo s ciljem smanjenja troškova eksploatacije i održavanja, povećanja pouzdanosti i raspoloživosti u prometu, te omogućavanja boljih radnih uvjeta voznog osoblja. Zbog racionalizacije troškova program modernizacije se provodi u sklopu generalnog remonta lokomotive. Program obuhvaća sve funkcionalne cjeline, a primjenjena rješenja osiguravaju optimalan odnos postignutih efekata i uloženih sredstava. Osnova rekonstrukcije glavnog elektromotornog pogona je eliminacija elektromehaničkih komponenata za stupnjevito podešavanje napona na vučnim motorima i primjena statičkih elektroničkih pretvarača. Pri tome se zadržavaju sve glavne komponente pogona te se implementira suvremeni mikroprocesorski sustav za upravljanje i regulaciju pogona lokomotive. Zbog opsega provedenih zahvata lokomotive obuhvaćene programom modernizacije dobivaju novu oznaku serije JŽ444*

Ključne riječi: željeznica, lokomotiva, modernizacija, JŽ444

1. UVOD

Proizvodnja diodnih električnih lokomotiva serije JŽ 441, snage 3400 kW, Bo'Bo' rasporeda osovina, za napon napajanja 25kV, 50Hz, započela je 1969. godine. Ukupno je u KONČAR-u proizvedeno 333 komada ovih lokomotiva, od čega 203 komada za potrebe Jugoslavenskih željeznica (JŽ) , a 130 za Rumunjske željeznice (SNCFR). U svoje vrijeme lokomotiva je bila vrlo moderna i primjereno opremljena, ali naglim razvojem elektronike tijekom sedamdesetih i osamdesetih godina prošlog stoljeća, pojavila se potreba stalnog implementiranja novih rješenja. Iz ovog razloga nastale su brojne podserije lokomotiva sa značajnim inovacijama u sustavu upravljanja i zaštita te napajanju pomoćnog pogona. Zadnje isporučene novogradnje lokomotiva iz osamdesetih godina, bile su opremljene i statičkim pretvaračem za napajanje pomoćnog pogona. Osim Bo'Bo' verzije lokomotive koje su proizvedene u Končaru, u Rumunjskoj se niz godina proizvodila Co'Co' verzija po glavnim komponentama iste lokomotive [4] , koja je izrađena u cca 1000 komada i za čiju se rekonstrukciju može koristiti većina komponenata razvijenih za rekonstrukciju lokomotive JŽ 441. Na JŽ-u su ove lokomotive dobile oznaku JŽ461 i danas se nalaze u sastavu željeznica Srbije i Crne Gore te Makedonije.

Obzirom na veliki broj ovakvih lokomotiva koje su na ovim prostorima u upotrebi i na relativno modernu i upotrebljivu mehaniku u KONČAR-u je još prije desetak godina pokrenut projekt modernizacije ovog tipa lokomotiva. Modernizacija se velikim dijelom bazirala na iskustvima stečenim prilikom vlastitog razvoja i ispitivanja lokomotiva serije JŽ 442 / HŽ1142 [2]. Krajem 1996. godine rekonstruirana je prva lokomotiva HŽ 1141-301 tako da su joj zamijenjeni diodni mostovi sa tiristorskim, te je ugrađen jednostavniji mikroprocesorski uređaj za upravljanje lokomotivskim funkcijama [3]. Primijenjen je statički pretvarač koji se već ugrađivao na diodnu verziju lokomotive, te analogni sustav regulacije razvijen na bazi regulatora lokomotive serije HŽ 1142. Dvadeset lokomotiva izrađeno je u ovakvoj tehnologiji tijekom 1997 i 1998 za ŽBH te isporučeno u najam Turskim željeznicama (TCDD).

Idući korak je bio remont i modernizacija lokomotiva za Bugarske željeznice serije BDŽ 46 rekonstruirana i isporučena 1999. godine. To je Co'Co' lokomotiva izrađena krajem osamdesetih godina u Rumunjskoj tvornici ELEKTROPUTERE. U lokomotivu je osim tiristorskih pretvarača ugrađen i višeizlazni statički pretvarač jednofaznog u trofazni napon PJUT – 2 (**P**retvarač **J**ednofaznog **U** **T**rofazni napon) te novi mikroprocesorski sustav regulacije i upravljanja lokomotivom DIRT (**DI**gital **R**egulation in **T**raction)[7].

Na osnovu iskustva iz eksploatacije ovih dviju serija lokomotiva prišlo se izradi novog projekta rekonstrukcije za Bo'Bo' verziju lokomotive, kako bi i ona dobila novi mikroprocesorski sustav upravljanja (DIRT) te višeizlazni statički pretvarač PJUT-2. Prve tri lokomotive modernizirane na ovaj način isporučene su Rumunjskim željeznicama tijekom 2001. godine (CFR serija 46). Petnaest lokomotiva za Hrvatske željeznice serije HŽ 1141-300 (slika 1.) te njihove blizanke tri lokomotive modernizirane za Makedonske željeznice praktično su dio istog projekta. Na temelju ovih projekata i iskustava u eksploataciji lokomotiva, te uvažavajući posebne zahtjeve ŽTP-a Beograd, prišlo se projektu modernizacije lokomotiva serije JŽ441 i JŽ461. Osim prije navedenih modifikacija lokomotive su pretrpjele i niz drugih vrlo značajnih promjena koje će u daljnjem tekstu biti detaljnije opisane. Zbog širine zahvata koji su poduzeti na lokomotivama serije JŽ441, ove lokomotive nakon modernizacije dobivaju novu oznaku serije JŽ444.

[1]Ivica Gršković, dipl. ing. el. "KONČAR-ELLOK"d.d., Škorpikova 7, Zagreb, teh.ellok@koncar.hr
[2]Ivan Križanović, dipl. ing. str. "KONČAR-ELLOK"d.d., Škorpikova 7, Zagreb, teh.ellok@koncar.hr
[3]Dražen Kroflin, ing. el. "KONČAR-ELLOK"d.d., Škorpikova 7, Zagreb, teh.ellok@koncar.hr

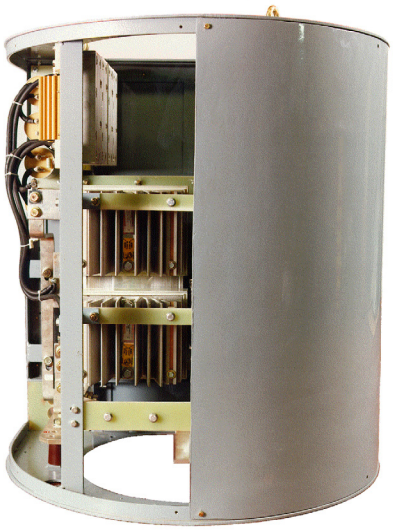
Slika 1. Lokomotiva HŽ 1141-376

2. MODERNIZACIJE PROVEDENE NA LOKOMOTIVAMA SERIJE JŽ 441 (NOVA OZNAKA JŽ444)

2.1. GLAVNI EMP LOKOMOTIVE

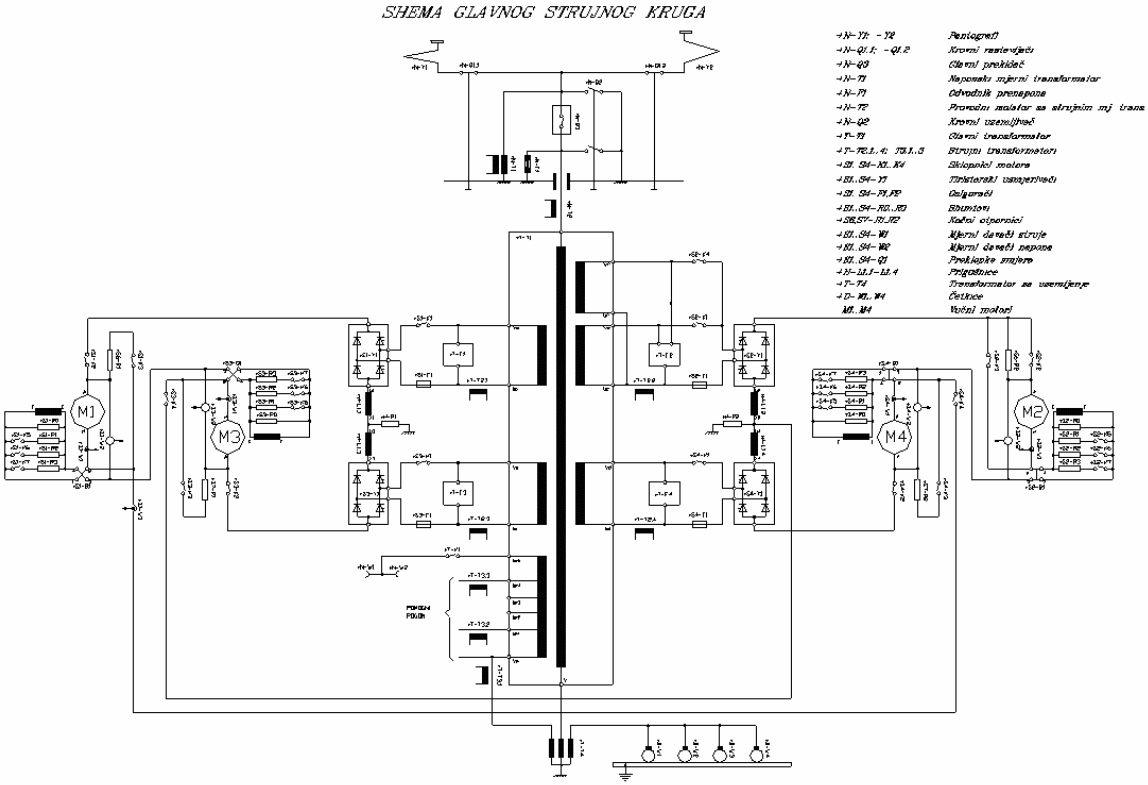
Glavni elektromotorni pogon lokomotive je regulirani pogon sa četiri vučna motora sa serijskom uzbudom, napajana iz tiristorskih poluupravljivih zrakom hlađenih pretvarača. Svi glavni elementi vučnog strujnog kruga osim diodnih ispravljača i birača napona, zadržani su i na rekonstruiranoj lokomotivi. Pogon je podijeljen na dvije nezavisne dvomotorne jedinice. Po dva motora sa pripadnim prigušnicama i tiristorskim mostovima (slika 2.) spojena su u seriju.

Omogućena je kontinuirana regulacija struje vučnih motora, te djelotvorna protuklizna zaštita koja djeluje nezavisno za svaku dvomotornu jedinicu. Zadržan je postojeći način slabljenja uzbude sa šentiranjem u tri stupnja, upravljanim automatski od strane glavnog računala, nezavisno za svaku dvomotornu jedinicu.



Slika 2. Tiristorski pretvarač lokomotive

U režimu elektrodinamičkog kočenja na armaturu svakog motora spaja se kočioni otpornik, a sve četiri uzbude se spajaju u seriju i napajaju iz jednog tiristorskog pretvarača. Odvajanje pojedinih dijelova kruga i prespajanja zbog prelaska u režim elektrodinamičkog kočenja vrši se pomoću elektropneumatskih sklopnika tek kada sustav regulacije potpuno prekine tok struje.



Slika 3. Shema glavnog kruga lokomotive

Napravljena je rekonstrukcija sustava hlađenja glavne prigušnice vozila, temperaturno najkritičnije točke glavnog kruga vozila. Ostvareno je povećanje protoka zraka kroz uređaj te je ugrađen uređaj termičke zaštite koji osigurava kontinuirano praćenje zagrijanja namota te limitiranje struje prigušnice u slučaju njegovog zagrijavanja izvan dopuštenih granica.

2.2. POMOĆNI POGON LOKOMOTIVE

Za napajanje pomoćnog pogona lokomotive projektiran je višeizlazni statički pretvarač izrađen u IGBT tehnologiji. Pretvarač se sastoji iz jednog ispravljačkog dijela i četiri identična izmjenjivača izrađenih u modularnoj izvedbi. Svaka od ovih komponenata jednostavno se vadi, ispituje i zamjenjuje. Moduli izmjenjivača imaju mogućnost regulacije brzine vrtnje u sedam stupnjeva, ali je ova mogućnost iskorištena jedino za regulaciju ventilacije vučnih motora zavisno o opterećenju u tri stupnja. Ostale grupe imaju trajno podešenu maksimalnu brzinu. Na prednjoj ploči CPU modula nalazi se jednoznamenkasti 7 segmentni LED display za signalizaciju šifre kvara. U slučaju kvara nekog od izmjenjivača, svaka grupa potrošača može se jednostavno, prebacivanjem jedne grebenaste preklopke prespojiti na napajanje sa izmjenjivača ventilacije elektrodinamičke kočnice. Tada je onemogućena elektrodinamička kočnica, ali su zadržane pune mogućnosti lokomotive u vuči. Logika preusmjeravanja napajanja rješava se u programu upravljanja lokomotivom.

U sklopu pretvarača za napajanje pomoćnog pogona nalazi se i mikroprocesorski upravljani punjač baterija. Punjač je zbog nedostatka prostora dislociran od ormara samog pretvarača, i izrađen je u IGBT tehnologiji.

Slika 4. Pretvarač pomoćnog pogona lokomotive PJUT-2

2.3. SUSTAV UPRAVLJANJA, ZAŠTITA I REGULACIJE

Novi sustav upravljanja lokomotivom i regulacije glavnog elektromotornog pogona potpuno je mikroprocesorski upravljan. Uređaj se sastoji iz sustava napajanja, sustava mjerenja i zaštita, ulazno/izlaznih jedinica te CPU-a.

Sustav upravljanja prima komande od strane strojovođe, vrši obradu ulaznih podataka stanja pogona i zadaje naloge za uključenje/isključenje pojedinih uređaja prema zadanom algoritmu upravljanja. Ukoliko je nalog zadan, a pogon u trenutku zadavanja naloga nije u mogućnosti izvršiti ga, ili bi njegovo izvršenje moglo prouzročiti stanje opasno po pogon, sustav upravljanja lokomotivom automatski korigira nalog odnosno zadaje njegovo odgađanje dok se ne steknu uvijeti za njegovo izvršenje. Nakon zadavanja naloga sustav kontrolira izvršenje naredbi preko mjernih davača ili pomoćnih kontakata uređaja i signalizira te registrira svako neregularno ponašanje pogona.

Sustav mjerenja i zaštita osigurava sustavima upravljanja i regulacije signale prilagođene za A/D pretvorbu te logičke signale dobivene sa modula zaštita. Za mjerenje veličina glavnog EMP-a primjenjeni su davači napona i struje na principu Hall-ovog efekta, a mjerenje brzine sve četiri osovine mjeri se preko beskontaktnih magnetskih davača.

Slika 5. Ormar upravljanja, zaštita i regulacije glavnog EMP-a

Sustav regulacije glavnog elektromotornog pogona ima u režimu vuče dvije nezavisne petlje regulacije po struji armature. Limitiranje struje je također nezavisno po dvomotornim jedinicama i djeluje prvenstveno u slučaju pojave klizanja. Detekcija klizanja vrši se na osnovu obrade podataka davača brzine sve četiri osovine i djeluje kada brzina pojedine osovine prijeđe zadanu dozvoljenu razliku u odnosu na aproksimiranu brzinu lokomotive ili kada

derivacija brzine pojedine osovine prijeđe dozvoljeni iznos. Upravljanje šentovima je potpuno automatsko i također je realizirano nezavisno po dvomotornim jedinicama, zbog umanjenja efekta trzaja kod uključenja šentova.

Strujnim petljama nadređena je petlja regulacije brzine vozila. Računalo stvarnu brzinu vozila dobiva izračunom iz sva četiri signala sa osovina lokomotive, a zadana brzina definira se preko glavnog kontrolera lokomotive.

U kombinaciji sa sustavom upravljanja sustav regulacije vrši automatski prelazak iz režima vuče u režim kočenja u funkciji održavanja brzine lokomotive ili zbog zavođenja pneumatskog kočenja lokomotive.

U režimu elektrodinamičkog kočenja aktivan je smo jedan tiristorski most lokomotive koji upravlja strujom sve četiri u seriju povezane uzbude motora. Aktivna je samo jedna unutrašnja petlja regulacije. Referenca za ovu petlju je signal momenta vučnih motora, a signal povratne veze se izračunava iz signala struje armature, struje uzbude te magnetske karakteristike motora. I u režimu elektrodinamičkog kočenja ovoj petlji je nadređena petlja regulacije brzine. Kada se niti uz maksimalno rezvijeni moment elektrodinamičke kočnice ne može brzina vlaka održati u dozvoljenim granicama, strojovođi se daje signal o potrebi uključenja pneumatske kočnice. Sustav regulacije i upravljanja omogućava upravljanje sa dvije lokomotive u zaprezi.

2.4. PRIKAZ I REGISTRACIJA BRZINE LOKOMOTIVE

Umjesto elektromehaničkog brzinomjera ugrađen je elektronički sustav mjerenja i registracije brzine. Središnji uređaj ima mikroprocesor i registrator podataka posebno dizajniran za primjenu na tračničkim vozilima. Robusno aluminijsko kućište sadrži elektroničke module sa memorijom. Podatak o brzini dobiva se iz optičkog davača impulsa, te bilježi osim brzine, tlak u glavnom vodu lokomotive i 16 drugih logičkih podatka te podatke o strojovođi i vlaku. Za razliku od elektromehaničkog brzinomjera, koji bilježi brzinu i druge podatke na papirnu traku, ovaj elektronički sustav mjerenja brzine snima sve podatke u elektroničku memoriju. Registracija se vrši istovremeno u unutarnjoj memoriji uređaja i na prijenosnoj memorijskoj kartici. U unutrašnjoj memoriji uređaja spremaju se kratkotrajni podaci o vožnji, konfiguraciji uređaja, te poruke o greškama. Memorijska kartica sadržava uz kratkotrajne i dugoročne podatke o vožnji te konfiguraciju uređaja. Uređaj i kartica su posebno kodirani kako bi se onemogućila neovlaštena zamjena kartice ili uređaja. Uređaj sadrži LED display sa prikazom podešenja uređaja te dijagnostiku koja u slučaju pojave greške javlja šifru kvara koji se na sustavu dogodio.

2.5. UPRAVLJAČNICA LOKOMOTIVE

Upravljačnica lokomotive prilagođena je novoj suvremenoj koncepciji upravljanja i signalizacije kakva se danas primjenjuje na tračničkim vozilima u svijetu.

Glavni izvor informacija je display sa nekoliko različitih prikaza. Osnovni prikaz daje mnoštvo podataka o trenutnom stanju pogona. U slučaju pojave kvara javlja se piktogram kvara na osnovnom prikazu. Želi li se dobiti upute o daljnjem postupku kako da se kvar razriješi ili nastavi vožnja usprkos kvaru (ako je to moguće) aktivira se drugi prikaz koji sadrži postupak u slučaju konkretnog kvara koji se pojavio. Osim ovoga strojovođa ima na raspolaganju i prikaz voznog reda koji se učitava automatski sa upisom broja vlaka. Servisno osoblje najviše zanima prikaz gdje se prema redoslijedu događanja nalazi popis zadnjih 200 kvarova lokomotive sa točnim vremenom i brojem vlaka na kojemu se kvar pojavio.

Slika 6. Slika upravljačnice lok. JŽ 444

Broj instrumenata na upravljačkom pultu je minimiziran. Od instrumenata upravljački pult sadrži jedino instrument za prikaz brzine i zadane brzine, instrument za prikaz vučne/kočne sile, te manometre za kontrolu pneumatskog sustava lokomotive. Dio signalizacija izveden je preko 18 segmentnog tabloa, sa poljima dioda, i koristi se za signalizacije koje ne dolaze iz glavnog računala ili se aktiviraju u slučaju kvara glavnog računala ili displaya. Ugrađen je novi glavni kontroler smanjenih gabarita i prilagođen mikroprocesorskom upravljanju. Kontroler je dobio novu ručicu za zadavanje brzine vožnje, a ugradiv je sa gornje strane pulta. Smanjen je broj upravljačkih prekidača i sve automatske funkcije povjerene su računalu. Upotrebom kvalitetnih materijala za zvučnu i termičku zaštitu te upotrebom klima uređaja osigurano je ugodno, radno i ergonomski oblikovano okruženje za strojovođu.

2.6. MODERNIZACIJE PROVEDENE NA PNEUMATSKOM SUSTAVU, KOČNICAMA LOKOMOTIVE I DOBAVI ZRAKA

Na lokomotivu JŽ444 je ugrađen novi pločasti stalak sa pneumatskom opremom lokomotive. Stalak je modularnog tipa i sastoji se iz 5 ploča sa opremom.

Lokomotive su opremljene sa pneumatskim ventilima koji omogućavaju ABS i blokadu pneumatske kočnice kada elektrodinamička kočnica svojim kočenjem u potpunosti može nadomjestiti pneumatsko kočenje lokomotive. Dvije osovine lokomotive imaju modificiran kočni cilindar tako da je na njega ugrađena elektro-pneumatski upravljana i oprugom aktivirana pritvrdna kočnica umjesto ručne kočnice lokomotive.

Dobavu zraka za pneumatski sustav lokomotive rješava novi vijčani kompresor najnovije generacije i kapaciteta 3,5 m^3/min sa dvokomornim sušačem.

Slika 7. Slika lok. JŽ 444 001

3. MODERNIZACIJE PROVEDENE NA LOKOMOTIVAMA SERIJE JŽ 461

Lokomotive serije JŽ461 imaju niži nivo modernizacije od lokomotiva serije JŽ441, ali se nastojalo da sustavi koji se moderniziraju budu identični i međusobno zamjenjivi na obje serije lokomotiva.

Na lokomotivama ostaje nepromijenjen originalni sistem regulacije napona vučnih motora preko mehaničkog birača napona. Nema značajnijih modifikacija niti na sustavu napajanja pomoćnog pogona lokomotive. Pogon se napaja iz rotacionog pretvarača jednofaznog napona u trofazni prema modifikaciji koja je prvi puta provedena na lokomotivama još prije petnaestak godina.

Modificira se prvenstveno sustav upravljanja vozilom, te se postojeća relejna logika zamjenjuje suvremenim mikroprocesorkim sustavom. Obzirom na različitost objekata sam sustav upravljanja nije i ne može biti jednak na obje vrste lokomotiva, ali je cca 80% elektroničkih modula međusobno zamjenjivo. Razlike su uglavnom na pojedinim modulima vezanim uz upravljanje tiristorskim mostovima, kojih na lokomotivama JŽ461 i nema, te zbog većeg broja motora i odgovarajuće opreme na JŽ461 lokomotivama u odnosu na JŽ444. Potrebno je ipak napomenuti da je i na JŽ461 zadržana mogućnost proširenja sustava upravljanja sa upravljačkim elementima za tiristorsko upravljanje glavnim pogonom vozila.

Iako glavni pogon vozila i napajanje pomoćnog pogona nisu mijenjani, upravljanje sa oba sustava realizirano je kroz upravljački software vozila.

Sustav mjerenja i zaštita praktički je identičan na obje vrste lokomotive osim što je na lokomotivama JŽ461 proširen za odgovarajući broj modula zbog većeg pogona kojim upravlja.

Pneumatska oprema na lokomotivama JŽ461 montirana je na dva pneumatska stalka. Stalci se sastoje od ploča sa pneumatskom opremom koje su identične na obje vrste lokomotiva. Na JŽ444 lokomotivama ugrađen je jedan stalak dok pojedini elementi jednostavno nisu ugrađeni jer oni svoju funkciju imaju jedino na JŽ461 lokomotivama.

Na obje serije lokomotiva ugrađeni su identični ventili za ABS i koordinaciju el. i pneumatske kočnice te na dvije osovine kočni cilindri sa integriranom pritvrdnom kočnicom. Glavni kompresor je na oba vozila identičan.

Upravljačnica vozila se ne razlikuje na obje serije lokomotiva jer upravljački software prilagođava ulazne naloge i upravlja glavnim pogonom vozila bio on tiristorski ili realiziran preko birača napona.

4. ZAKLJUČAK

Implementacija suvremenih komponenata i tehnologija energetske elektronike, te mikroprocesorske tehnike, danas je gotovo nezaobilazna u modernizaciji postojećih i izradi novih tračničkih vozila. Modernizacija i rekonstrukcija lokomotiva serije JŽ441 i JŽ461 slijedi taj trend i predstavlja veliki iskorak u osuvremenjavanju lokomotiva u voznom parku ŽTP-a Beograd.

Osim na električnoj opremi lokomotiva učinjeni su i značajni koraci na rekonstrukciji pneumatike i kočnoj opremi lokomotiva.

Usprkos ograničenju u pogledu raspoloživih sredstava, uveden je čitav niz novih rješenja, uređaja i opreme koji se po tehnologiji mogu usporediti sa rješenjima danas primjenjivanima na najmodernijim vozilima u svijetu.

LITERATURA

[1] Tehnički opis lokomotive serije 441, KONČAR, Zagreb, 1975.

[2] Kratki opis i upute za rukovanje za lokomotive serije JŽ 442-000 KONČAR, Zagreb, 1988.

[3] J. Crnalić, Tiristorizacija električnih lokomotiva serije 1141, Savjetovanje "Automatizacija u prometu '95", Zagreb, str. 201-204, studeni 1995.

[4] J. Crnalić, I. Gršković , Tiristorizacija 6-osovinskih diodnih električnih lokomotiva Co'Co' 5100 kW, BDŽ serije 46, Savjetovanje "Automatizacija u prometu '99", Pula,Trieste/Venice, str. 150-155, studeni 1999.

[5] I. Gršković, J. Crnalić, D. Kroflin, S. Lovrek, Modernizacija u sklopu velikog popravka lokomotiva serije HŽ 1141 300 za Hrvatske željeznice, Savjetovanje "Automatizacija u prometu 2002", str. 169-173, Rijeka/Lovran, studeni 2002.

[6] I. Gršković, D. Kroflin, I. Križanović, S. Lovrek, Ž. Šakić, The implementation of modern technologies into reconstruction and modernization of the railway vehicles,conference "Current problems in rail vehicles – PRORAIL 2003", pg. 173-183, Žilina, Slovakia, October 2003

[7] S. Marijan, J. Ungarov, V. Ćesić, B. Furčić, M. Bilić, M. Mukavec, Microprocessor-based control system for the thyristor locomotive, Savjetovanje "MIPRO '98" Opatija, 1998.

THE MODERN SOLUTION AND TECHNOLOGIES IMPLEMENTED DURING THE RECONSTRUCTION AND MODERNISATION ON THE LOCOMOTIVE CLASS JŽ441 FOR ŽTP BELGRADE

Ivica Gršković, Ivan Križanović, Dražen Kroflin

***Abstract**: Through the modernisation, the electric locomotives come to the higher technical level to achieve the following targets: decrease of the operational and maintenance costs, increase the reliability and availability of the vehicles in traffic, and improve the working conditions for drivers. Because of the minimising the costs of the reconstruction, modernisation is performed in the frame of general overhaul of the vehicle. The modernisation programme includes all functional parts, and implemented solutions ensure the optimum ratio between the achieved effects and the invested money. The rudiment part of the reconstruction of the main drive is excluding the electromechanical components for graduated adjusting the traction motor voltage and using the electronic static converters. All main components of the main circuit are held on the new drive and a new microprocessor control system is implemented. Because of the range of the performed activities the locomotives contained in the programme of the modernisation becoming a new class mark JŽ444.*

Keywords: railway, locomotives, modernisation, JŽ444

XI ŽELKON '04 RAILCON '04 2004

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL METHOD OF DETERMINING ANGLE OF ATTACK BETWEEN WHEEL AND RAIL WITH ROLLING STOCK RUNNING IN CURVES

Dobrinka Borisova Atmadzhova [1]

Abstract *– It has been established and can be still examined that there is an intensive wear-out of wheels while running along tracks with a great number of curves in many countries, including Bulgaria. Despite the numerous serious theoretical studies and practical implementations, the problem of this phenomenon has not been examined enough and has not been solved yet. The significant influence of the attack angle particularly on the safety against the danger of derailing and on the wheel wear-out with running in curves is a main reason for its importance in rolling stock research.The paper develops a method of theoretical and experimental determining the attack angle. It has been used to register the attack angles with rolling stock testing under real operational conditions for the first time. For the purpose analytical theoretical apparatus has been created with reading the possible replacements within the system body – bogie base - car axles – track including the horizontal straight body-base formations. The dependencies obtained are convenient for experimental determining the attack angle under real operational conditions.The test of this method has been carried out with experimental testing of Bulgarian passenger cars under real conditions.*

Keywords - railway, rolling stock, angle of attack

1. INTRODUCTION

The angle of attack of the rolling stock wheels and rails is one of the main indices of the interaction between the rolling stock and railroad [1,2]. It has a primary and determining role related to wear-out of flanges and to safety against derailing although some studies, otherwise deserving a high assessment, have emphasized on the directing flange force, respectively the total lateral pressure between the wheel axle and railroad as being the most important factor [3]. It is evident that such interpretations can be explained with some concepts and approaches traditionally established and mostly with the lack of reliable methods to determine the attack angle between the wheel and rail. In fact the directing flange force is an after-effect factor and the primary factor is the attack angle because of its influence on it and mainly because of its direct connection with the geometry of contacts between wheels and rails: and through that with the geometry and kinematics of their friction and wear-out.

This paper aims at presenting the problems of determining the attack angle between the wheel and rail in such a kind that is appropriate and convenient for applying to the running parts of modern rolling stock which in most cases are characterized by a non-hard joint between the wheel axle or the axle journals respectively and the rolling stock (bogie) frame in horizontal direction.

To be clearer and more detailed, the presentation stresses on double-axle railway rolling stock (bogie) and almost in all cases takes into consideration the classical type of wheel axle with wheels hard-joined to the axle. But if necessary, the problem can be easily adapted to wheels not connected to the axle or independent wheels and also to multi-axle rolling stock.

2. MAIN DEPENDENCES: THEORETICAL MODEL

The attack angle between wheels and rails is one of the quantities that characterize the relative position and interaction between the railway rolling stock and railroad in a curve. As for that purpose the quantity (criterion) of "pole distance", i.e. from the pole of rotating to the respective wheel axle [4, 5, 6] has been widely used up to now, we will start first with this quantity (criterion) trying to make its application wider and going out of the classical and widely-used simplified plain model of wheels that are hard-joined to the frame.

Let the initial position of the rolling stock (bogie) frame longitudinal axle in the "frame – wheel axles (axle journals) – rails" system presented in Fig.1 is marked with a_0b_0 and S_a, S_i are the outer and inner rail thread respectively, conventionally brought near each other at a distance Δ equal to the total clearance between the wheel axle flanges and inner rail walls.

First, we shall follow the change of the pole distance in this system according to all possible crosswise displacements in the system (along axis y); the signs of these displacements will be assumed to be positive or negative if they coincide with the positive or negative direction of axis y.

However, taking into account the total railroad horizontal unevenness δ_{s1} and δ_{s2} (look at curve S'_a) and having in mind the signs of the unevenness (displacements), angle θ_1 of axle a_1b_1 rotation in relation to the initial chord position a_0b_0 in the first and second wheel axles

[1] Dobrinka Borisova Atmadzhova, Ph.D., Todor Kableshkov University of Transport, 158 Geo Milev Street, Sofia 1574, Bulgaria, e-mail: dobi_at@abv.bg .

XI ŽELKON '04 RAILCON '04 2004

UTICAJ REGULISANJA RADA DIZEL MOTORA NA VUČNE KARAKTERISTIKE ŠINSKIH VOZILA U USLOVIMA SMANJENE ATHEZIONE SILE

Blagoje Davidović [1], Milan Plavšić [2] , Vojkan Lučanin [3]

Rezime – U radu je dat prikaz analize uticaja regulisanja dizel motora na vučne karakteristike šinskih vozila u uslovima smanjene sile athezije. Ova problematika je posebno interesantna u procesu zamene postojećih dizel motora (remotorizacija). Rad dizel motora može se regulisati na osnovu parametara njegove snage, obrtnog momenta i brzine obrtanja. Izbor načina regulisanja zavisi od zahteva koje određeno vozilo treba da zadovolji u eksploataciji. Za vučna vozila koja rade u uslovima smanjene athezione sile potrebno je obezbediti podešljivu vučnu silu koja će biti nešto manja od sile na granici athezije, pa je zato u ovim uslovima celishodno primeniti regulisanje obrtnog momenta. Neposredni povod za istraživanja u radu je zamena motora na šinobusu ŽTP-a Beograd.

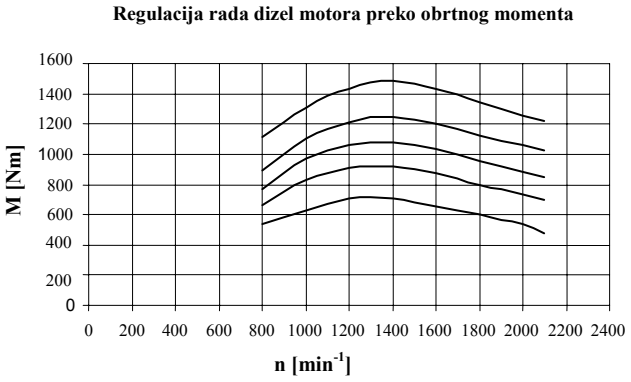
Ključne reči – železnica, vučne karakteristike, regulisanje, dizel motor.

1. UVOD

U radu je izvršena analiza uticaja regulisanja dizel motora na vučne karakteristike šinskih vozila u uslovima smanjene sile athezije. Ova problematika je posebno interesantna u procesu zamene postojećih dizel motora (remotorizacija), kada se vrši ugradnja savremenih motora koji se po pravilu, za iste ugradbene mere, karakterišu većom snagom i brzinom obrtanja. Rad dizel motora može se regulisati na osnovu parametara njegove snage, obrtnog momenta i brzine obrtanja. U principu isti motor, zavisno od primenjenog regulatora, može se regulisati i na osnovu obrtnog momenta i na osnovu brzine obrtanja. Kod motora kojima se reguliše obrtni moment radni dijagram se može prikazati u obliku više međusobno pomerenih momentnih krivih. Kod motora kojima se reguliše brzina obrtanja zadržava se jedna vršna kriva obrtnog momenta od koje se skoro vertikalno spuštaju prave linije regulisanih brzina obrtanja. Koji oblik regulisanja će se usvojiti zavisi od tehnoloških uslova koje određeno vozilo treba da obezbedi u radu. Za vučna vozila koja rade u uslovima smanjene athezione sile potrebno je obezbediti određenu podešljivu vučnu silu koja će biti nešto manja od sile na granici athezije, pa je zato u ovim uslovima celishodno primeniti regulisanje obrtnog momenta. Za vučna vozila koja u radnim režimima treba da se kreću precizno određenom brzinom, potrebno je primeniti regulaciju brzine obrtanja. Neposredni povod za istraživanja u radu je primer zamene motora na dizel-motornom vozu serije 812/818, gde je ugrađen motor proizvođača DEUTZ "MAN 3256 BTXUE" snage 213 kW sa motorom "Cummins NTA 855" snage 261 kW pri n=2100min^{-1} (ova zamena je uslovila izmenu celokupnog rashladnog sistema dizel motora i hidrodinamičkog prenosnika). U cilju usaglašavanja rada motora i pretvarača, izvršena je izmena ulaznog para zupčanika tako da novi prenosni odnos iznosi 2.11 (stari je iznosio 1.91) što je uslovilo povećanje maksimalne brzine kretanja. Da bi se zadržala maksimalna brzina od 120km/h, izvršena je izmena stepena prenosa osovinskog prenosa sa 1.04 na 0.92 što je uslovilo povećanje vučne sile u celom radnom režimu. Dijagram stepena iskorišćenja će zadržati maksimalnu vrednost na maksimalnoj brzini i pomeriće se ulevo, što će omogućiti savlađivanje maksimalnog uspona sa većim stepenom iskorišćenja. Ovo će obezbediti i veće ubrzanje dizel motornog voza. Konkretno, ovaj dizel motorni voz će savlađivati maksimalni uspon od 25‰ brzinom od 47 km/h i da će pri tome stepen iskorišćenja u hidrodinamičkom prenosniku biti oko η=0.82. Ovi uslovi su potpuno prihvatljivi jer će sistem za hlađenje moći u svakom trenutku da odvede potrebnu količinu toplote tj. neće dolaziti do pregrevanja (kao što je bio slučaj kod starog rešenja).

2. REGULACIJA RADA DIZEL MOTORA

Dijagram rada motora kod koga se reguliše obrtni moment prikazan je na slici 1. U ovom slučaju, može se birati proizvoljna kriva obrtnog momenta, a brzina će se uspostaviti prema otporima kretanja. Ovakav način regulacije je primenjen za pogon dizel motornog voza ″Macosa″. Pri rekonstrukciji ovog voza izvršena je zamena dizel motora

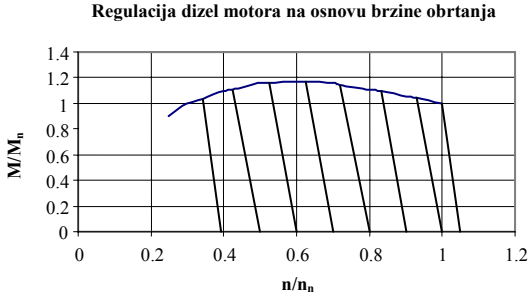


Slika 1. Momentne karakteristike motora Cummins NTA 855 R1

[1] Dr Blagoje Davidović, naučni sardnik, Institut "Kirilo Savić", Beograd, Vojvode Stepe 51
[2] Spec. Milan Plavšić, dipl.maš.ing., Institut "Kirilo Savić", Beograd, Vojvode Stepe 51
[3] Prof. dr Vojkan Lučanin, Mašinski fakultet, Beograd, 27.marta 80, e-mail: vlucanin@mas.bg.ac.yu

Vučna karakteristika kod većine šinskih vozila projektuju se tako da već od sile na granici athezije vozilo raspolaže maksimalnom vučnom silom, što omogućava velika ubrzanja i savladavanje maksimalnih uspona. Kako je atheziona sila vrlo promenljiva, jer zavisi od velikog broja faktora (atmosferskih i drugih), potrebno je da mašinovođa može podešavati vučnu silu vozila tako da ona bude minimalno ispod sile na granici athezije. Ako vozilo ne ispunjava te uslove doći će do proklizavanja točkova što negativno utiče i na životni vek točka (osovine) i šine.

Dijagram rada motora kod koga se reguliše brzina obrtanja prikazan je na slici 2. Ovde na svakom režimu regulisanja, između dve granične vrednosti brzina obrtanja, motor može davati maksimalni obrtni moment nezavisno od zadate brzine obrtanja. Ove dve krajnje brzine obrtanja nazivaju se minimalna brzina regulisanja i maksimalna brzina regulisanja.



Slika 2. Momentne karakteristike motora (regulacija brzine obrtanja)

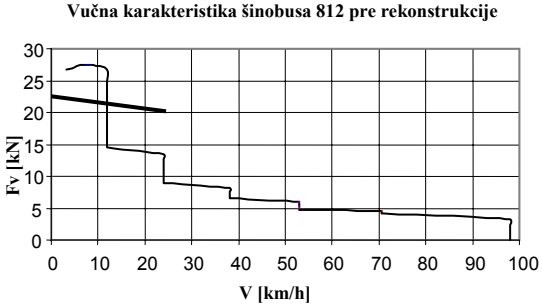
Ovakav način regulisanja motora će na pogonskim točkovima izazvati vučnu silu koja može prevazići athezionu granicu što će izazvati proklizavanje.

Ovde na svakom režimu brzine obrtanja motor može davati obrtni moment od minimalne do maksimalne vrednosti. Veličina momenta uspostavlja se prema spoljašnjem opterećenju. Kod ovih motora se ispod minimalne brzine regulisanja rad motora ne može regulisati.

Na tim malim brzinama obrtanja ostaje deo vršnog momenta čija se vrednost ne može regulisati. Ako sila na pogonskom točku izazvana ovim momentom prevazilazi granicu athezije tada se ne može sprečiti proklizavanje.

U okviru ŽTP-a Beograd, započeto je sa rekonstrukcijom dizel motornih vozova serije 812/818, gde se kao jedna od aktivnosti vrši zamena postojećih dizel motora Bussing U10 snage 110kW sa novim tipa Deutz BF6M1013 snage 126kW.

Od početka primene ovih šinobusa vučna sila je u prvom stepenu prenosa prevazilazila silu na granici athezije. Vučna karakteristika ovog šinobusa data je na slici 3.

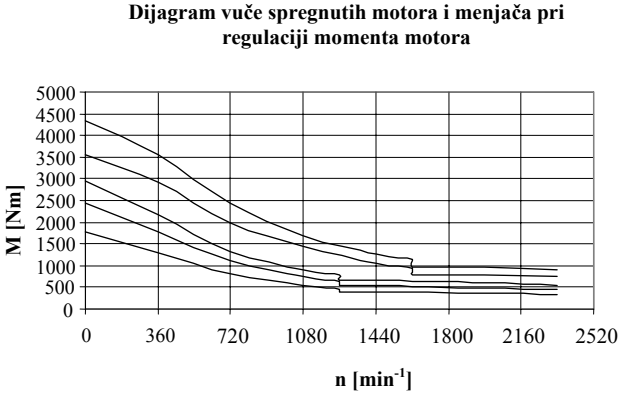


Slika 3.Vučna karakteristika šinobusa

Pri rekonstrukciji vučnih vozila, kod nas je uobičajeno, da se ugrađuje motor povećane snage, odnosno povećanog obrtnog momenta, što će još više pospešiti proklizavanje.

Primenom motora sa regulisanim obrtnim momentom izbegle bi se sve komplikacije izazvane nedostatkom athezione sile. Veličina vučne sile je u rukama mašinovođe i može se prema potrebi podešavati.

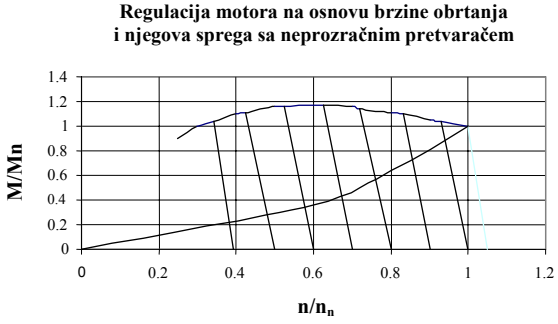
Primenom hidrodinamičkog prenosnika manifestovaće se iste pojave. Kod motora sa regulisanim obrtnim momentom ulazni moment u prenosnik biće određen prema proceni mašinovođe što će omogućiti promenu izlaznog momenta, odnosno vučne sile, koja će takođe biti podešavana prema proceni mašinovođe, slika 4. Na taj način iskusan mašinovođa moći će da izbegne proklizavanje.



Slika 4.Vučne karakteristike vozila pri regulaciji obrtnog momenta

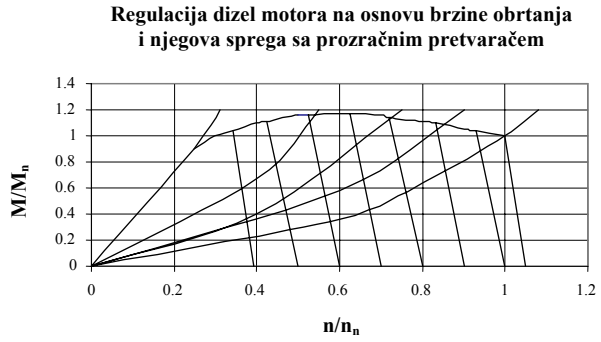
Izuzetno, primenom prenosnika koji koriste neprozračni pretvarač za kretanje u malim stepenima prenosa mogu se uspešno koristiti i motori sa regulisanom brzinom obrtanja.

Ovde će se smanjenjem brzine obrtanja motora smanjivati ulazni obrtni moment pretvarača, slika 5, što će dovesti do odgovarajućeg smanjenja izlaznog momenta. Pri tome pretvarač mora biti adekvatno spregnut sa motorom, odnosno kriva ulaznog momenta pretvarača mora seći krivu momenta motora na režimu maksimalne brzine obrtanja motora.



Slika 5. Momentne karakteristike motora pri sprezi sa neprozračanim pretvaračem

Ako se motor sa regulisanom brzinom obrtanja spreže sa mehaničkim prenosnikom ili sa veoma prozračnim hidromehaničkim prenosnikom, kao što je Voith-DIWA, sllika 6, može se očekivati pojava proklizavanja, pri kretanju vozila u prvom stepenu prenosa. Ovo proklizavanje se vrlo teško može izbeći.



Slika 6. Momentne karakteristike motora pri sprezi sa prozračanim pretvaračem

Pri projektovanju i ispitivanju, na probnom stolu, sprege motora i prenosnika, potrebno je utvrditi gde momentna kriva prenosnika, pri potpuno zaustavljenim izlaznim vratilom, seče momentnu krivu motora. Ako se to dešava pri brzinama obrtanja motora koje su za 40÷50%, ili više, iznad minimalne brzine regulisanja može se očekivati da neće doći do proklizavanja.

Ukoliko momentna kriva prenosnika seče momentnu krivu motora pri brzinama obrtanja koje su bliske minimalnoj brzini regulisanja, ili manjoj, proklizavanje se, kod motora koji se regulišu brzinom obrtanja, ne može izbeći.

Takođe i prenosnik, kod koga se između motora i menjača postavlja hidrodinamička spojnica koja je po pravilu vrlo prozračna, izazvaće proklizavanje pri sprezanju sa motorom kod koga se reguliše brzina obrtanja.

Takve prozračne prenosnike potrebno je sprezati sa motorom kod koga se reguliše obrtni moment.

3. ZAKLJUČAK

Izvršena analiza uticaja regulisanja dizel motora je pokazala da je ovo značajan uticajan faktor na vučne karakteristike šinskih vozila (posebno manevarskih lokomotiva i motornih vozova) u uslovima smanjene athezione sile. Ova problematika je posebno interesantna pri projetovanju i izvođenju rekonstrukcija šinskih vozila.

Motor se, zavisno od primenjenog regulatora, može regulisati na osnovu obrtnog momenta i na osnovu brzine obrtanja. Kod motora kojima se reguliše obrtni moment, radni dijagram se prikazuje u obliku više međusobno pomerenih momentnih krivih, dok se kod motora kojima se reguliše brzina obrtanja zadržava jedna vršna kriva obrtnog momenta od koje se skoro vertikalno spuštaju prave linije regulisanih brzina obrtanja. Način, odnosno izbor regulisanja se vrši u funkciji od tehnoloških uslova koje određeno vozilo treba da obezbedi pri vuči. Za vučna vozila koja rade u uslovima smanjene athezione sile potrebno je obezbediti određenu podešljivu vučnu silu koja će biti nešto manja od sile na granici athezije, pa je zato u ovim uslovima celishodno primeniti regulisanje obrtnog momenta.

Radi ilustracije, u radu su analizirana dva primera rekonstrukcije i to: dizel motornog voza ″Macosa″, kod koga je izvršena je zamena dizel motora "MAN 3256 BTXUE" snage 213 kW sa motorom "Cummins NTA 855" snage 261 kW i šinobusa kod koga je motor Bussing U10 snage 110kW zamenjen sa Deutz BF6M1013 snage 126kW.

Sem toga, izvršena je analiza sprege dizel motora sa prozračnim i neprozračnim pretvaračem i konstatovano je da prozračne prenosnike treba sprezati sa motorom kod koga se reguliše obrtni moment a da, izuzetno, kod prenosnika koji koriste neprozračni pretvarač za kretanje u malim stepenima prenosa mogu se uspešno koristiti i motori sa regulisanom brzinom obrtanja.

LITERATURA

[1] Davidović, B., Lučanin, V., "Hidrodinamički prenosnici za železnička vozila", Mašinski fakultet, Beograd, 2001

[2] Lučanin, V., Davidović, B., "Railway vehicles diesel engine and turbo transmission optimal coupling", Heavy Vehicle Systems – Vehicle Design, Volume 11, No 1, 2004. pp.100-114.

[3] "Studija izvodljivosti rekonstrukcije i modernizacije dizel motornih vozova serije 812-818", Šinvoz, Zrenjanin, 2002.

[4] Davidović, B., Lučanin, V., Kostić, S., "Power system testing of reconstructed motor train Macosa for Macedonian Railways", Mobility&Vehicles Mechanics, Volume 25, No 1, Kragujevac, March 1999.

INFLUENCE OF DIESEL ENGINE CONTROL ON TRACTION CHARACTERISTICS OF RAILWAY VEHICLES IN THE CONDITIONS OF LOW ADHESION

Blagoje Davidović, Milan Plavšić, Vojkan Lučanin

Abstract – *In this paper analysis of influence of diesel engine control on traction characteristics of railway vehicle in the conditions of low adhesion are shown. This problem is especially interesting in process of diesel engine replacement. Diesel engine work can be managed by changing next parameters: power, torque and number of revolutions. Type of control depends on vehicle exploitations demands. For tractive vehicles using in low adhesion force conditions adjustable traction force should be provide, the force should be less then force on the adhesion limit and that is the reason for adjustable torque. Engine replacement on ZTP Beograd diesel motor train series 812/818 is direct reason for research in this paper.*

Key words – railway, traction characteristics, control, diesel engine,

XI ŽELKON '04 RAILCON '04 2004

ВАРИЈАЦИЈЕ У ПРИМЕНИ ТЕОРИЈЕ КОЧЕЊА ШИНСКИХ ВОЗИЛА

Милутин Миловановић [1], Топлица Голубовић [2]

Резиме *– Вагони, локомотиве и друмска возила примењују динамичку анализу процеса кочења, али не полазе од истих закона механике због приоритета циљева. Код вагона је циљ да се одреди заустављни пут и проблем се третира глобално, а код локомотива и друмских возила циљ су биланс енергије и динамика вучног/кочног точка. Недовољна повезаност ових групација оставља недостатке и неизграђеност метода прорачуна. У овом раду се анализирају неке неодрживе интерпретације у примени теорије кочења шинских возила и инсистира се на мултидисциплинарном приступу на релацији: вагони-локомотиве-друмска возила-примењена механика.*

Кључне речи – локомотиве, вагони, кочени точак, адхезија, клизање

1. УВОД

Оптимална тачка кочења на кривој клизања је приближно екстремална тачка и њено прекорачење води ка активирању противклизне заштите (ПКЗ), а недовољно искоришћење адхезије доводи у питање захтевану снагу кочнице и заустављни пут при брзом кочењу.

Анализа на кривој клизања $\varphi=f(s)$ је веома заступљена код вуче и кочења друмских возила и вуче локомотива, али код кочења вагона је још увек ван примене.

Разлика у осовинским притисцима у новоградњи, после оправки и у експлоатацији, уграђена „филозофија" активирања ПКЗ, знанствено превазиђене и шаблонизиране методе прорачуна код вагона и делом код локомотива реални су разлози за наслов и садржај овог тимског рада.

2. ФУНДАМЕНТАЛНИ СТАВ И НОВИЈЕ ИНТЕРПРЕТАЦИЈЕ КОЧЕЊА ТОЧКА ПО ШИНИ

Између вучног или коченог точка и шине постоји тангенцијална сила трења тада, и само тада, ако између њихових додирних површина постоји делимично или чисто клизање. Важи и обратно, јер је сила узрок, а клизање последица, али је за анализу погодније узети облик $\varphi=f(s)$. У једном значајном раду о проблему вијугања [8] једно поглавље нози изазован наслов: „Да ли је чисто котрљање уопште могуће?" Ту аутор C. Th. Müller констатује да се точкови при вијугању крећу по (деформисаној) синусоиди, што је праћено убрзањима точкова односно силама између додирних површина точак/шина.

Сазнања о зависности $\varphi=f(s)$ у железничкој техници су касно почела, споро се развијала и до данас се није дошло до неке опште или параметарске аналитичке форме. Извесни резултати су постигнути у дефинисању почетног дела криве $\varphi=f(s)$ у радовима Kalker-a [2] на фундаменталним истраживањима контактне механике. За кочење је релевантан средњи, тј. темени део криве. Он је ближе обрађен у [4] у оквиру проблематике граничне вучне силе локомотива и у једном мање познатом саопштењу фирме KNORR датираном са B 900 Form 207/03.81.

Период убрзаног развоја обртних постоља за велике брзине и ПКЗ (ABS) друмских возила са микропроцесорима фирме WABCO подигли су актуелност криве $\varphi=f(s)$.

2.1. Врсте клизања

У употреби има више основних и изведених термина и њихових ознака за клизање. Извесна систематизација је предузета у [3,5,9]. За примењене термине у овом раду даће се одговарајућа дефиниција.

Према кинетици точкова у колосеку разликују се подужно, бочно и спирално клизање.

Подужно клизање има две компоненте:

а) услед еластичних деформација околне структуре додирних површина при њиховом чврстом споју, и

b) услед делимичног клизања додирних површина при котрљању реалног точка по шини, које се наставља на претходно (а).

Модел појаве и приказа ових двеју компонената је сасвим различит. Клизање (b) је једноставније за објашњење, нпр. према сл.1.

Основна дефиниција овог клизања је само релативна брзина између додирних површина $\Delta V = V_r$, али је у примени израз (1)

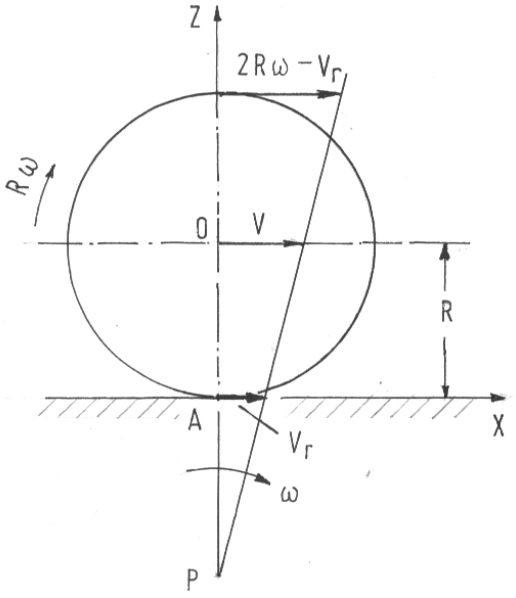
$$s = \frac{V - R\omega}{V} \tag{1}$$

$1 > s \geq 0$ - делимично клизање

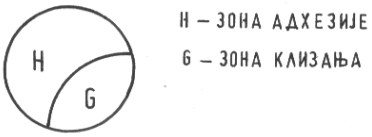
$s = 1$ - чисто клизање

[1] Проф. др Милутин Миловановић, Институт "Кирило Савић", 11000 Београд, Војводе Степе 51, e-mail: iksbgdyu@ptt.yu

[2] мр Топлица Голубовић, главни инжењер, ГОША Фабрика шинских возила, Смед. Паланка, e-mail: tgolubovic@gosa-fsv.co.yu



Слика 1. Брзине точка при котрљању са делимичним клизањем



Слика 2. Додирна површина. Општи случај

Објашњење клизања (a) везано је са потешкоћама при повезивању са клизањем (b). Координатни систем AXZ је покретан по шини тачно брзином V, али под претпоставком да нема клизања ни (a), ни (b), па су тачке A и O увек на оси Z. Под дејством силе $F_X = -\varphi Q$ на точак, а $F_X = +\varphi Q$ на шину, настаје укупно смицајно померање e по висини вертикалног пресека у домену напонског стања. Тачка A коригује положај за износ e, по дефиницији AXZ.

Релативна брзина се дефинише као $V_r = de/dt$, а редуковано клизање као $\varepsilon = V_r / V$ и према [3] износи $\varepsilon = 0{,}01 \div 0{,}001$. Према Kalker-у [3] укупно клизање је $w = s + \varepsilon$. Ово треба имати у виду код израза $\varphi=f(s)$ и графика те везе, јер клизања у еластичном подручју износе $0{,}1 \div 1\%$, а искоришћене силе приањања φQ су на нивоу оних у режиму кочења RIC.

Бочно клизање настаје када се точак котрља под углом β у односу на правац шине (вијугања, кривине). Ред величине $\beta = 0{,}003\,\text{rad}$ (3 mrad) на правој прузи, па то може бити и дефиниција, јер представља однос бочне компоненте брзине V_Y и основне брзине V.

Спирално (обртно) клизање настаје када је површина котрљања коса у односу на раван колосека тј. Y осу. На додирној површини одражава се као слика вртње. Може се дефинисати као $\sin\gamma$, јер представља однос вертикалног вектора угаоне брзине на стварну раван котрљања и вектора основне угаоне брзине осовине. Овде је γ угао нагиба, ред величине $\gamma = 0{,}2 \div 1\,\text{rad}$.

Додирна површина (сл.2) у општем случају има зону адхезије H и зону клизања G. Њихов положај и величина зависе од комбинације врста клизања и величине силе F_T. У зони H нема релативног померања у додиру. Коефицијент трења је различит у H и G, а његова величина зависи од чистоће додира. При повећању F_T на деловима зоне H прекорачује се носивост везе φ_H и појављују зоне G са $\varphi_G<\varphi_H$. За одређени положај зоне G и однос површина G/H сила F_T достиже максимум, а њој одговара клизање s_{OPT} (сл. 3 и 4). То је лабилна равнотежа па сила F_T може опасти сама од себе, али са ПКЗ треба постићи знатно смањење F_T да се процес нађе на левој стабилној страни. Највеће еластично померање e достигнуто је при $F_{T\,\max}$, али је тада остварено и знатно веће померање због клизања, тј. $s_{OPT} - \varepsilon >> \varepsilon$.

2.2. Крива клизања $\varphi=f(s)$

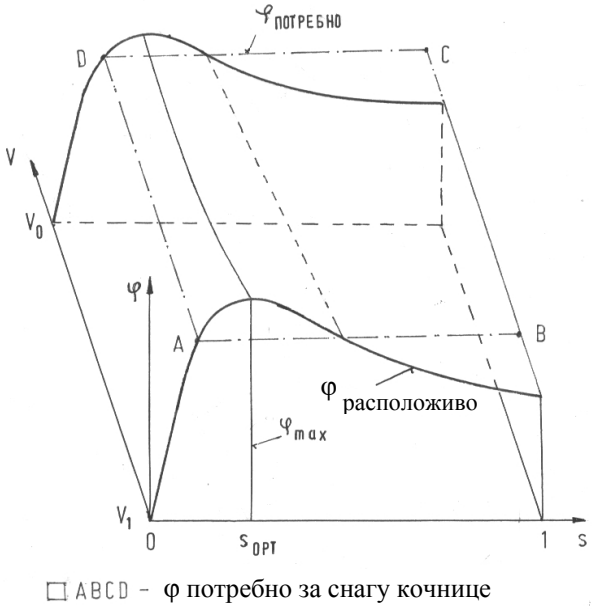
У реалном кретању точка (вијугање) делују подужна F_X и бочна сила F_Y и оне образују резултанту $\vec{F}_T = \vec{F}_X + \vec{F}_Y$ под неким углом на правац X. Искоришћено приањање φ је однос тангенцијалне силе F_T и нормалне Q, тј.

$$\varphi = \frac{F_T}{Q}, \quad \varphi_{\max} = \frac{F_{T\,\max}}{Q}$$

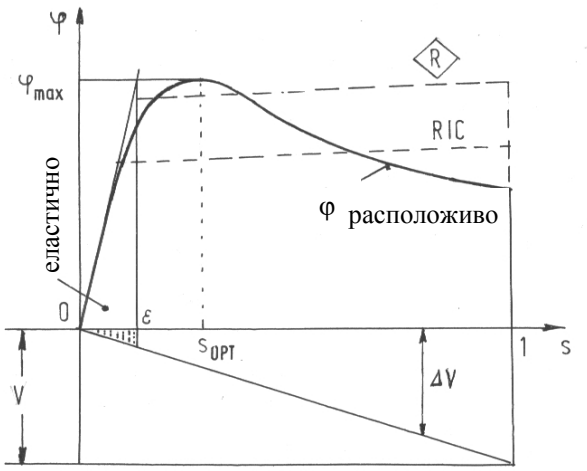
О утицају бочне силе ближе у [9,10,11].

На основу многобројних испитивања установљено је да је веза (φ, s) функција више параметара. Ако се ради о неком нормираном испитивању снаге кочнице према UIC 544-1 са стандардним вагонима типа Z или Y, онда се скуп релевантних параметара редукује на 2 основна: брзину V и осовински притисак Q. Овај други одређује величину додирне површине и подиже или спушта криву $\varphi = f(s)$ [4,8,10,11], па је анализа усмерена на $\varphi = F(s, V)$, сл.3.

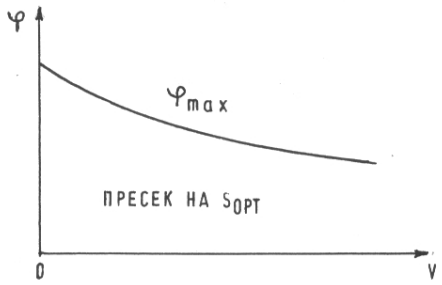
Типови ових кривих, њихова анализа и примери са испитивања наведени су у многобројној литератури [4,5,6,9,10,11итд.]. Положај оптималног подручја је предмет посебне пажње, нарочито код брзих кочења у опсегу $V = 120 - 160\,\text{km/h}$ и $\lambda = 150 \div 170\%$ (режим ⟨R⟩).



Слика 3. Крива клизања $\varphi = F(s,V)$



Слика 4. Крива клизања $\varphi = f(s)$



Слика 5. Крива расположивог пријањања

У поменутом саопштењу фирме KNORR формиран је скуп 362 података са испитивања при брзом кочењу вагона ради концепта активирања противклизне заштите. Обрада података показује да оптимално подручје пада при релативној брзини $\Delta V = 10 \div 20\,\text{km/h}$. Нису наведене брзине из којих је кочено, али се основано може претпоставити да је то било у опсегу $100 \div 160\,\text{km/h}$ са стандардним вагонима. Произилази да је било $s = 10 \div 20\%$. Према подацима за локомотиве при вучи s не прелази 10% при мањим брзинама [1,4, 5,6].

3. ДИНАМИЧКА МЕТОДА ПРОРАЧУНА КОЧЕЊА

Излажу се примена диф. једначина кретања и закона о промени кинетичке енергије на кочено возило са циљем да се добије веза (φ, s).

3.1. Примењене ознаке и улазни подаци

Као пример разматра се путнички вагон типа Z2 са обртним постољима MD 52 у режиму кочења (R) из брзине $V_0 = 160\,\text{km/h}$ ради утврђивања снаге кочнице према UIC 544-1. Пројектовано возило има кочне карактеристике да развија проценат кочене масе $\lambda = 137\%$ из $V = 120\,\text{km/h}$, $\lambda = 149\%$ из $140\,\text{km/h}$ и $\lambda = 159\%$ из $160\,\text{km/h}$.

$4m = 48000\,\text{kg}$ - сопствена маса кола

$m = 12000\,\text{kg}$ - припадна маса по једном осовинском склопу

$Q = mg$ - осовински притисак

$J = 113\,\text{kg m}^2$ - момент инерције масе осовинксог склопа са чврсто везаним деловима

$r = 0{,}233\,\text{m}$ - кочни радијус диска

$F = 72{,}79 \cdot 10^3$ N - сила притиска свих кочних уметака на дискове једног осовинског склопа

μ - коефицијент трења између кочног уметка и диска, нормиран према UIC 543-1; $\mu = 0{,}35$ за $V = 0 \div 140\,\text{km/h}$

$F_\mu = \mu F = 25{,}4765 \cdot 10^3$ N - укупна сила трења на дисковима једног осовинског склопа

$A = \dfrac{Fr}{QR} = 0{,}3132$ - коченост

$F_w = wQ$ - сила отпора ваздуха и котрљања мерена на куки

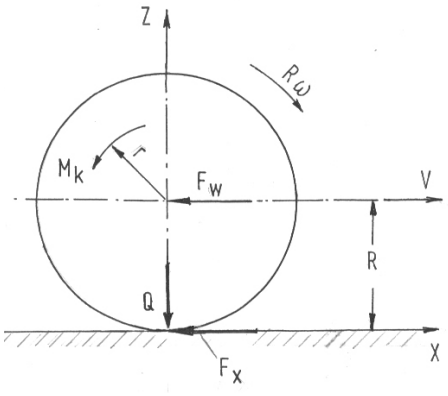
w - специфични отпор N/N, примењује се позната формула *SNCF* [7]:

$w = 1{,}44 + 0{,}0095V + 0{,}000238V^2$ N/kN где је V у km/h

Не наводе се ознаке приказане на сликама и дефинисане на другим местима. У математичким изразима величне улазе са основним јединицама система SI (m,kg,s).

3.2. Диференцијалне једначине кретања точка

Модел за прорачун (сл. 6) и изрази (2) и (3) су добро познати, па се дају само неопходна објашњења. Под "точком" се подразумева комплетан осовински склоп. Момент отпора котрљања је укључен у кочни момент M_k и силу отпора F_w.



Слика 6. Силе и момент на коченом точку

$$J\dot{\omega} = F_x R - M_k$$
$$m\ddot{x} = -F_x - F_w$$

Смене:

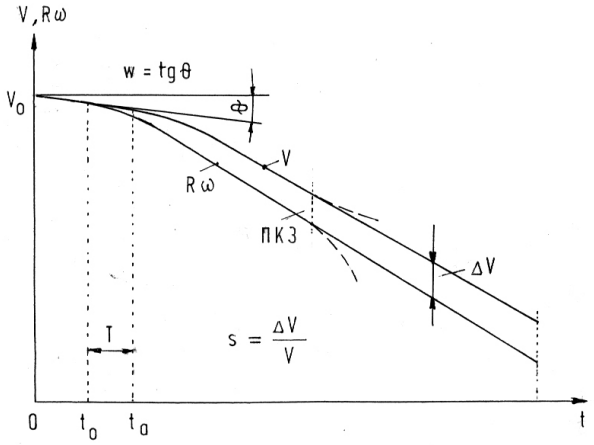
$$F_x = F_T = \varphi Q$$
$$M_k = F_\mu r = \mu F r$$
$$m = Q/g \qquad \ddot{x} = a$$

Добија се:

$$R\dot{\omega} = \frac{QR^2}{J}(\varphi - A\mu) \tag{2}$$

$$a = -g(\varphi + w) \tag{3}$$

На сл. 7 приказан је процес кочења $V = f(t)$.



Слика 7. Динамичко понашање точка (Rω) у процесу кочења

При V_0 је активирано брзо кочење, а у тренутку t_0 приспео је ваздух на клип кочног цилиндра. Са Т дијаграм силе на клипу се формално преводи у одскочну функцију истог кочног ефекта. На сл. 7 крива $R\omega$ је интеграл израза (2), а крива V интеграл израза (3), али они се не могу одредити из (2) и (3). Да би се извела нека веза (φ, s) у анализу треба увести неки израз са параметром *s*.

3.3. Закон о промени кинетичке енергије

Овај енергетски приступ проблему је веома цењен и редовно се примењује у одређивању заустављног пута *L* или делова тог пута *ΔL*.

3.3.1 Класична метода

Промена кинетичке енергије возила (транслације E_{KT} и ротације E_{KO}) на његовом померању *L* једнака је збиру редова свих спољашњих сила F_w и унутрашњих F_μ на том померању *L* и у диференцијалном облику гласи:

$$d(E_{KT} + E_{KO}) = \sum(\vec{F}_i, d\vec{L}_i)$$
$$d\left(\frac{1}{2}4mV^2 + \frac{1}{2}4J\omega^2\right) = -4(F_\mu r d\alpha + F_w dL)$$

Сменом:

$$R\omega = V,\ \ 1 + \frac{J}{mR^2} = \rho,\ \ d\alpha = \frac{dL}{R},\ \text{(тачка 3.1)},$$

настаје:

$$\rho V dV = -g(A\mu + w)dL \tag{4}$$
$$a = \frac{dV}{dt} = \frac{dV}{dL}\frac{dL}{dt} = V\frac{dV}{dL}$$
$$a = \frac{-g}{\rho}(Au + w) \tag{5}$$
$$L = \int_{V_0}^{0} \frac{VdV}{a} + L_0 \tag{6}$$

$L_0 = V_0 t_a$ са сл. 7, тачка 3.2.

Решење интеграла у (6) може бити повезано са тешкоћама, о томе ближе у [7]. Ако је *L* нормирано, нпр. преко (λ, L, V) UIC 544-1 прилог 6 или директно, интеграциона константа L_0 се лако одређује, па интеграл мора бити једнак $L\text{-}L_0$. Варијацијом параметара може се наћи потребна коченост, односно убрзање *a* у интегралу.

Класична метода не узима у обзир делимично клизање *s*, па је $V = R\omega,\ a = R\dot{\omega}$. Она имплицитно садржи φ за $s = 0$.

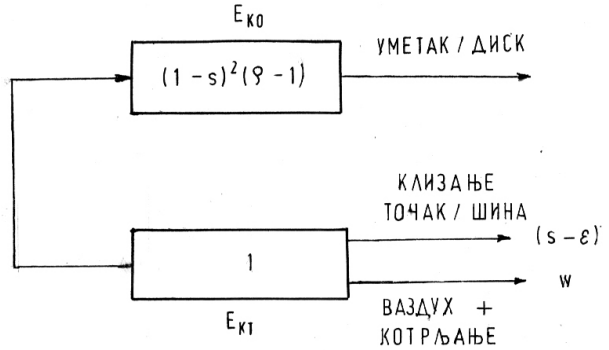
3.3.2 Побољшана метода

Побољшање класичне методе се заснива на увођењу делимичног клизања у полазном изразу, а као илустрација процеса кочења дата је сл. 8.

Енергија транслације E_{KT} излази већинским делом $(1 + \varepsilon - s - w)$ у E_{KO}, а одатле одлази у топлоту преко

система кочни уметак/диск уз одржавање њихових односа уписаних у правоугаоницима.

На левој страни полазног израза (7) у члану E_{KO} уводи се $s \in [0,1]$ и смена $\omega = (1-s)V/R$. На десној страни у складу са тачком 2.2 и сл. 4 уводи се $s \in [\varepsilon,1]$, јер у домену $(\varepsilon,1]$ влада делимично клизање са трењем. Рад силе F_μ врши се на путу $[1-(s-\varepsilon)]\frac{r}{R}dL$ и уводи се нови члан: рад силе $F_T = \varphi Q$ на путу $(s-\varepsilon)dL$.



Слика 8. Структурна шема трансформације енергије

$$d\left[\frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}(1-s)^2\frac{J}{R^2}V^2\right] =$$

$$= -\left[(1+\varepsilon-s)F_\mu\frac{r}{R} + (s-\varepsilon)Q + wQ\right]dL \qquad (7)$$

$$\left[1+(1-s)^2(\rho-1)\right]VdV =$$

$$= -g\left[(1+\varepsilon-s)A\mu + (s-\varepsilon)\varphi + w\right]dL$$

$$CVdV = DdL$$

$$a = V\frac{dV}{dL} = \frac{D}{C} \qquad (8)$$

$$L = \int_{V_0}^{0}\frac{VdV}{a} + L_0 \qquad (9)$$

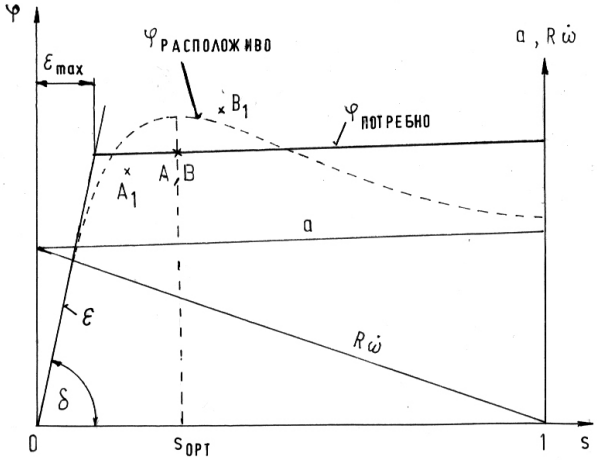
Значење C и D је очигледно и могу се сматрати константама у уском опсегу брзина, нпр. $V \pm 5$ km/h. За вредност $s < 0{,}05$ у прорачуну L може се узети $C \approx \rho$.

Из (8) и (9) се добија

$$\varphi + w = \frac{(1+\varepsilon-s)A\mu + (s-\varepsilon)\varphi + w}{1+(1-s)^2(\rho-1)} \qquad (10)$$

Изразом (10) добијена је веза $F(A,\mu,w,s,\varphi)$. Како су μ и w функције брзине, при V=const. s и φ се могу сматрати варијацијом. Са подацима из тачке 3.1 за $V = 140$ km/h на сл. 9 је приказана зависност φ, a и $R\dot{\omega}$ од s. На истој слици тачкасто је приказан типичан облик криве расположивог приањања. За полазни, линарни део ове криве важи $\varepsilon = \kappa s$, $\kappa = \mathrm{tg}\delta = 120 \div 200$; али је у том делу слика јако изобличена, па не треба узимати у обзир геометријске односе у њој. Крива $\varphi = f(s)$ из обрасца (10) мора бити испод расположиве криве $\varphi = f(s)$, која је углавном непозната (тачка 2.2), али јој се зна типичан облик и експериментално се може идентификовати њен темени део. На пример, ако се у систем ПКЗ уведе дијагностика, онда се снимају a и $R\dot{\omega}$ па из тога оцењује положај теменог дела. Неки нумерички подаци уз сл. 9:

s	0,01	0,05	1
φ	0,104682	0,104872	0,10962
a	-1,099	-1,102	-1,148
$R\dot{\omega}$	-1,0885	-1,0466	0



Слика 9. Крива клизања φ, транслаторно убрзање точка a и угаоно $R\dot{\omega}$ потребни за снагу кочнице

4. ПРИМЕНА КРИВЕ КЛИЗАЊА КОД РАЗЛИКЕ ОСОВИНСКИХ ПРИТИСАКА

Разлика осовинских и точковних притисака може бити знатна већ у новоградњи као последица пројектовања и подешавања осовинских притисака. За процес кочења од значаја је само разлика припадних оптерећења по обртним постољима. Концепт огибљења дозвољава само мању разлику оптерећења по осовинама, а разлика оптерећења левог и десног точка није од већег значаја, јер осовински склоп не препознаје места увођења момената.

Претпоставимо да су улазни подаци у тачки 3.1 исти за оба обртна постоља А и В и да кочењу одговара тачка А,В, сл. 9.

Уведимо разлику оптерећења за ΔQ. Тада је

$$A: 2(Q+\Delta Q), \varphi_A \qquad B: 2(Q-\Delta Q), \varphi_B$$

Треба проверити под којим условима се задржава исто убрзање a. Према (2) и (3) важи:

$$R\dot{\omega}_A = \frac{R}{J}\left[\varphi_A(Q+\Delta Q)R - \mu Fr\right] \qquad (11)$$

$$R\dot{\omega}_B = \frac{R}{J}\left[\varphi_B(Q-\Delta Q)R - \mu Fr\right] \qquad (12)$$

$$\varphi = \frac{1}{4Q}\left[\varphi_A 2(Q+\Delta Q) + \varphi_B 2(Q-\Delta Q)\right] \qquad (13)$$

где је (13) настао из $a = -g(\varphi + w) = \frac{\sum F_T}{\sum m}$

Из (11), (12) и (13) следи да не може бити истовремено $\varphi_A = \varphi_B = \varphi$ и $R\dot{\omega}_A = R\dot{\omega}_B = R\dot{\omega}$. Према сл. 9 радне тачке А и В не могу имати заједнички положај, већ неки други A_1 или B_1. Ако B_1 пада изнад криве расположивог приањања, ступила је у дејство ПКЗ, а ако је испод те криве, тачка A_1 је далеко од оптималног положаја. У оба случаја снага кочнице је испод пројектоване.

Постоје одредбе о томе да се код одређене разлике стварних припадних маса обртних постоља кочница мора подешавати (коченост А). Овде су изложене подлоге за процену када треба одступити од заједничких кочних карактеристика на пару обртних постоља.

5. ЗАКЉУЧАК

Третиране криве клизања у актуелној литератури није комплетно и савремено у мери да се може користити у практичним пројектима. Овде је показано да се ради о пару кривих: једна је та која се пласира као модел понашања на основу записа са експеримената, а друга произилази из прорачуна кочног ефекта.

Комбиновањем метода прорачуна коченог точка и кочења комплетног вагона долази се до аналитичке везе за ту другу криву. У том циљу морало се извршити побољшање методе енергије, која се користи код вагона.

Увођење клизања у анализу процеса кочења вагона доводи до продужења зауставног пута, а тиме до смањења снаге кочнице. Код испитивања то је очигледно, јер се зауставни пут мери преко коченог точка, који клизи, а у прорачуну то следи из нумеричке анализе израза (8) и (9). Одређивање те разлике и оцена прихватљивости су предмет даљих активности аутора у оквиру радног наслова овог саопштења.

Са овим општим и посебним прилазом реалном проблему повезују се реални процеси у контакту точак/шина и жељено динамичко понашање у склопу точак/возило.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Jovanović, R.: Osovinski sklopovi železničkih vozila. Beograd, 1996.

[2] Kalker, J.J.: On the rolling contact of two elastic bodies in the presence of dry friction. Diss. Delft 1967

[3] Kalker, J.J.: Über die Mechanik des Kontaktes zwischen Rad und Schiene. ZEV Glas. Ann. 102 (1978) Nr 7/8

[4] Krettek, O.: Die Schleuderwahrscheinlichkeit von Schienenfahrzeugen und die Probleme bei der Berechnung. Elektrische Bahnen 47 (1976) H 11

[5] Lučanin, V.: Teorija vuče, Mašinski fakultet, Beograd, 1996.

[6] [6] Milićević, Z.: Istraživanje uticaja pogonskog sistema na vučne karakteristike električnih i dizel-električnih lokomotiva. Disertacija. Beograd 2003.

[7] Milovanović, M., Lišanin, R.: Kočnice i kočenje šinskih vozila. Prvi deo: Teorijske osnove. Mašinski fakultet, Beograd, 2000.

[8] Müller, C. T.: Das Schlingerproblem in der Sicht von Vergangenheit und Gegenwart. ZEV Glas. Ann. 93 (1969) Nr. 11, S. 329-336

[9] Simić, D.: Motorna vozila. Naučna knjiga, Beograd, Drugo izdanje 1977.

[10] Todorović, J.: Kočenje motornih vozila. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva. Beograd, 1988.

[11] Ćućuz, N., Rusov, L.: Dinamika motornih vozila. Izdavač: "PRIVREDNI PREGLED". Beograd, 1973.

ALTERNATIVES IN APPLICATION OF ROLLING STOCK BRAKING THEORY

Milutin Milovanović, Toplica Golubović

Abstract *- Wagons, locomotives and road vehicles use dynamic analyzes of braking process, but they don't start from the same mechanics laws due to their priority aims. With wagons, the aim is to determine stopping path and the problem is dealt with globally, while with locomotives and road vehicles the aims are energy balance and dynamics of traction/braked wheel. Insufficient connection between these two groups leaves calculation methods deficient and underdeveloped. This paper analyzes some inconsistent interpretations in application of rolling stock braking theory and insists on multidisciplinary approach based on relation : wagons-locomotives-road vehicles-applied mechanics.*

Key words - locomotives, wagons, braked wheel, adhesion, slipping.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

KONTEJNERI I NJIHOVA ULOGA U PREVOZU ROBE *)

Z. Marinković, G. Petrović, P. Milić [1)]

***Rezime**: Rad se bavi opisom konstrukcije, proizvodnje, čišćenja i identifikacije standardnih ISO kontejnera. Posebna pažnja je posvećena načinu pakovanja i osiguranja robe u kontejneru. Razvijen je model za trodimenzionalni prikaz rasporeda robe u kontejnerskom prostoru i određivanja težišta upakovane robe. Ovim se omogućava promet pravilno natovarenog kontejnera, odnosno sprečava pojavu kontejnera čije težište značajno odstupa od dozvoljenih granica, čime se obezbeđuje njihov ispravan pretovar.*

Ključne reči: kontejner, roba, transport, identifikacija

1. UVOD

Međunarodni biro za kontejnere (BIC) je osnovan 1933. godine u Parizu sa ciljem da izvrši internacionalnu kooperaciju različitih vidova transporta. To se u početku odnosilo na kopneni transport, tj. na kombinaciju drumskog i železničkog, a kasnije i na povezivanje ovih transporta sa pomorskim transportom. Transport robe u kontejnere omogućio je optimalni prevoz po sistemu "od vrata do vrata" (Door to Door) [1, 2, 3].

Kontejner, kakav danas postoji, tada još nije bio pronađen. To je učinjeno mnogo kasnije, sredinom 60-tih godina prošlog veka. Tačnije 1967 godine bile su objavljene dve tzv. "kinsey" studije. Prva je bila studija prof. Kinsey-a, a drugu je izradila firma McKinsey Co. na zahtev engleskog komiteta za pristaništa i luke. Njen naziv je bio "Konterizacija: ključ za jeftinim transportom". Studija je pored ostalog zaključila da će kontejnerski sistem imati potpunu ekonomski opravdanu upotrebu i u pomorskom transportu [4].

Prema tome BIC je postavio, prihvatio i promovisao razvoj kontejnerskog transporta na internacionalnom nivou. Zajedno sa Tehničkim komitetom 104 za kontejnere Međunarodne organizacije za standardizaciju (ISO) osmišljeni su veliki čelični sanduci, tj. standardni teretni kontejneri [5]. Time je bio stvoren osnovni uslov za primenu kontejnerskog transporta, koji je sa razvojem specijalnih prevoznih sredstava (plato-prikolica, plato-vagona i brodova), pretovarne opreme na kontejnerskim terminalima i informacionog sistema omogućio uspešnu primenu i ekonomsku opravdanost ovog načina prevoza robe.

Tema rada su kontejneri, koja je obrađena u tri dela. Prvi obuhvata konstrukciju, proizvodnju i održavanje kontejnera, drugi opisuje njihov sistem identifikacije i treći se bavi načinima punjenja i osiguranja robe u kontejnerima. Cilj rada je da pruži određene korisne informacije o kontejnerima i to sa aspekta proizvodnje[*)] i eksploatacije.

2. KONSTRUKCIJA I PROIZVODNJA KONTEJNERA

Ovde će biti reči samo o kontejnerima po definiciji ISO. To je sud pravougaonog poprečnog preseka veće zapremine od 1 m^3, nepromočiv, za višekratnu upotrebu, namenjen za transport robe pomoću više različitih tipova transportnih sredstava, da se može lako i brzo odvajati od njih i bez teškoća pretovarati sa standardizovanom opremom.

Poluvekovna primena kontejnera dovela je do razvoja više tipova, koji se razlikuju po nosivosti (kapacitetu), konstruktivnim karakteristikama (dimenzijama), nameni (vrsti i karakteristikama transportovane robe) itd. [2, 3, 6].

Kontejneri se prema korisnoj zapremini i nosivosti dele na male (1 ÷ 3 m^3, 0.625 ÷ 1.25 t), srednje (3 ÷ 10 m^3, 2.5 ÷ 5 t) i velike (preko 6 m^3, 20 ÷ 30 t). Prema dimenzijama Tehnički komitet 104 svrstava kontejnere u dve kategorije:

1. grupa, koju čine tri tzv. ISO transkontejnera (1A, 1B i 1C) sa zajedničkim poprečnim presekom širine × visine: 8' × 8' = 2438 × 2438 mm (1' = 1 ft = 304.8 mm) i dužine od 40' (12192 mm), 30' (9125 mm) i 20' (6058 mm) i bruto mase 30.5, 25 i 24 t,
2. grupa, koju čine tri kraća kontejnera (2A, 2B i 2C) sa zajedničkom visinom od 2100 mm, širinom od 2300, 2100 i 2300 mm, dužinom 2920, 2400 i 1450 mm, i maksimalne bruto mase od 7 t.

Prema konstrukcijskim karakteristikama kontejneri se mogu podeliti u pet velikih grupa:

- univerzalni zatvoreni kontejneri (sl. 1),
- otvoreni kontejneri (bez krova-open top, bez stranica),
- kontejneri platforme, sa ili bez nadgradnje,
- kontejneri cisterne,
- specijalni kontejneri.

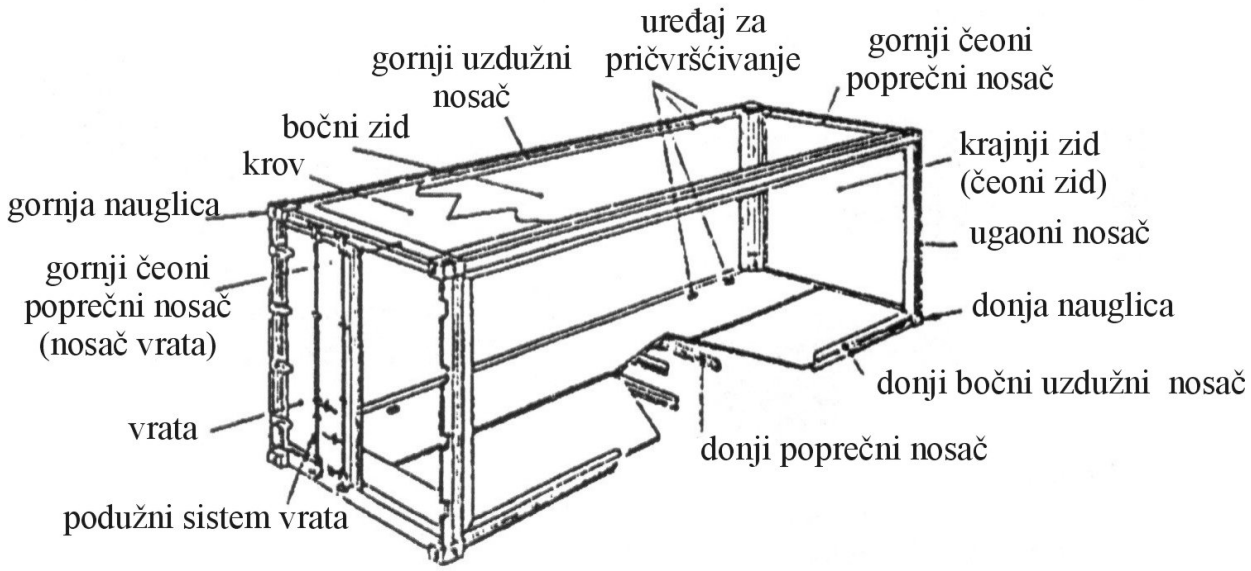
Konstrukcija kontejnera, kao što se vidi kod univerzalnog zatvorenog kontejnera na sl.1, najčešće se sastoji iz dve grupe elemenata [2, 3, 6]:

- kostur, koji predstavlja samonoseću ramovsku (rešetkastu) konstrukciju,
- obloge, koje se pričvršćuju za kostur.

Kostur čine niz podužnih, poprečnih i vertikalnih kutijastih (cevnih) nosača (kvadratnog i pravougaonog poprečnog preseka), tako da čitav ram predstavlja laku konstrukciju. Na svih osam krutih uglova kostura čvrsto se vezuju nauglice koje su standardizovane (ISO) po obliku i dimenzijama. Oni služe za pričvršćivanje kontejnera za vozilo (donje nauglice) ili spajanje susednih kontejnera, kao i za zahvatanje kontejnera prilikom pretovara (najčešće preko gornjih nauglica). Za samonoseći kruti kostur šarnirno se vezuju ramovi bočnih i čeonih stranica - vrata, koja se pri zatvaranju hermetički zabravljuju za ram posebnim elementima, koji ukrućuju čitavu konstrukciju kontejnera.

*) *Rad je urađen u okviru projekata **"Razvoj proizvoda MIN-INŽINJERINGA na bazi softvera za strukturnu analizu"** iz Programa tehnološkog razvoja, br. MIS. 3.07.0082, finansiran od strane Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije.*

1) Prof. dr Zoran Marinković, dipl. inž. Goran Petrović, saradnik, dipl. inž., Predrag Milić, saradnik, Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu, Beogradska 14, 18000 Nš, e-mail: zoranm@ masfak.ni.ac.yu



Sl. 1 *Univerzalni zatvoreni ISO kontejner sa elementima konstrukcije*

Ram kontejnera, odnosno njegove stranice se oblažu oblogama, od jednog ili više elemenata. Obloge se izvode najčešće od nerđajućih čeličnih ili aluminijumskih limova, koji mogu biti ravni ili profilisani (talasasti). Bočne stranice i krovovi se često oblažu plastičnim elementima, a kod izotermskih kontejnera i hladnjača, unutrašnji zidovi se oblažu izolirajućim slojem sa različitim komponentama. Podovi kontejnera, usled većeg opterećenja i izloženosti habanju pri manipulaciji tereta, često se oblažu ojačanim limom ili drvetom.

Konstrukcija rama mora biti tako dimenzionisana da izdrži statičko opterećenje od petostrukog slaganja jedan preko drugog kontejnera sa teretom. Dinamičko opterećenje ide i do vrednosti dvostrukog ubrzanja zemljine teže. Nakon izrade i pre stavljanja u eksploataciju kontejneri podležu pregledu i ispitivanju po propisanoj proceduri.

Globalizacija svetske trgovine zahteva sve veću upotrebu kontejnerskog transporta, a time i povećanje broja kontejnera koji ih već sada ima preko 11 miliona. Današnja proizvodnja kontejnera je slična najranijim danima proizvodnje vozila, gde se proizvodnja delova i operacije sklapanja najčešće realizuju manuelno na uštrb kvaliteta i čak cene kontejnera. Osim peskarenja, farbanja i nekih procesa rukovanja materijalom, trenutno je automatizacija minimalna u većini proizvodnih pogona kontejnera. Zato se danas intenzivno razmišlja o njihovoj automatizovanoj proizvodnji kao i u automobilskoj industriji. Time bi se stvorili uslovi za bržu, kvalitetniju i ekonomičniju masovnu proizvodnju jeftinih kontejnera [7].

3. IDENTIFIKACIJA KONTEJNERA

Identifikacija svakog pojedinačnog kontejnera je neophodan detalj u okviru uspešnog funkcionisanja kontejnerskog transporta. Ovaj sistem omogućava da se u toku transporta prate kontejneri i da se izvrši njegov pravi utovar, pretovar ili istovar sa jednog prevoznog sredstva na drugo. Takav identifikacioni sistem mora identično da funkcioniše u celom svetu. To znači da se ne može pojaviti dva puta ista identifikaciona oznaka kontejnera.

Ova problematika je regulisana međunarodnim standardom ISO 6346 (Teretni kontejneri – Kodiranje, identifikacija i označavanja) Tehničkog komiteta 104. BIC dodeljuje i vodi tzv. ISO Alpha-cod za registraciju svih vlasnika kontejnera. Oznaka međunarodnog koda na kontejneru sastoji se od [8]:

- **4 slovne oznake** vlasnika, odnosno operatora od kojih je poslednja "U",
- **6 arapskih cifara** za serijski broj kontejnera,
- **1 kontrolnog broja** za potvrdu tačnosti.

Izgled oznake na kontejneru za opštu namenu, koja se postavlja horizontalno ili vertikalno na sva četiri ugla kontejnera kao i na krovnom nosaču je sledeći

ABZU 00 1234	**3**

ISO Alph – cod omogućava međunarodno kretanje i momentalno prihvatanje za dalju manipulaciju kontejnera, bilo da se radi o transportu, pretovaru ili skladištenju. Kako je već istaknuto, garantuje se da je oznaka jedinstvena i da se prilikom identifikacije mogu utvrditi vlasnik i bliži tehnički podaci o kontejneru (dimenzije, tip, godina proizvodnje i stavljanja u promet, datum kontrole itd.).

Kontejneri sa ovakvom međunarodnom oznakom mogu se u svakoj fazi transportnog lanca kontrolisati mehanički ili putem kompjutera. Danas, više od 11 miliona kontejnera koji cirkulišu u svetskoj trgovini nosi ovu jedinstvenu oznaku, tj. 90% ili oko 1200 vlasnika i operatera imaju registrovane kontejnere sa međunarodnim kodom. Ovaj način obeležavanja prihvaćen je u preko 110 zemalja, kao i od velikog broja carinskih uprava koje postupaju u skladu sa zahtevima Carinske konvencije za kontejnere, TIR konvencije i sl.

ISO 6346 opisuje, između ostalog i optički sistem obeležavanja na kontejnerima i njegovo kodiranje. Trenutno, optički sistem kodiranja razvijen je tako da automatski čita takve oznake. Ovo je urađeno u sprezi sa automatskom indetifikacijom kontejnera a u skladu sa standardizovanom preporukom ISO 10374 kako bi se dali podaci o kontejnerima koji još uvek nemaju elektronski odašiljač - "tag" ili za transportne sisteme koji još nisu uveli radiofrekventnu opremu [8, 9].

Primećeno je da sadašnje oznake na kontejnerima nisu lake za automatsko očitavanje putem mašina i predlažu su neka manja poboljšanja za označavanje i optičko očitavanje, tako da su dodati novi tipovi kodova na već postojeću listu kodova datu u standardu ISO 6346. Takođe, jasno je stavljeno do znanja da bilo kakva revizija ovog standarda za obeležavanje mora da uzme u obzir i uvaži oznake na postojećim kontejnerima. Ne sme se ni pod kojim uslovima predvideti potreba za preobeležavanjem postojećih kontejnera.

4. IZBOR, PREGLED, ČIŠĆENJE, PUNJENJE I OSIGURANJE ROBE U KONTEJNERIMA

Prilikom opredeljenja za kontejnerski transport prvi korak je pravilan izbor tipa kontejnera koji najviše odgovara transportovanoj robi. Tako na primer kontejneri opšte namene pogodni su za slaganje paletizovanih tereta i robe koja je pakovana u sanduke, kutije, vreće, bale i sl., a to je ujedno najčešće upotrebljavan tip kontejnera. Duboko smrznuta roba uvek treba da se transportuje u rashladnim kontejnerima. Kontejneri sa otvorenim krovom (open-top) koriste se za transport teških tereta od rasutih materijala (rude, uglja itd.) do velikih komada mašina i ostalog što se može direktno utovariti u kontejner dizalicom. Kontejneri sa otvorenim bočnim stranama pogodni su za određene vrste proizvoda koji zahtevaju dodatnu ventilaciju tokom transporta. Postoji zrnasta, praškasta i druga rasuta roba koje zahteva kontejnere sa dobrom zaštitom od vlage itd. [10].

Pre upotrebe kontejnera veoma je važna provera njegove ispravnosti, jer oštećen kontejner može nepovoljno da utiče na robu kao i da ozbiljno ugrozi osoblje koje sa njim rukuje. Pregled kontejnera vrše vlasnik, prevoznik ili korisnik, odnosno oni koji imaju direktne aktivnosti sa njima. Prilikom spoljašnje i unutrašnje kontrole kontejnera, treba posvetiti posebnu pažnju na [10]:

- gornje i donje nauglice, koje moraju biti neoštećene,
- nosače rama kontejnera, koji ne smeju biti deformisani,
- stranice, krova i poda kontejnera, koje treba da su bez deformacija, oštećenja i rupa,
- zavarene spojeve, koji moraju biti u ispravnom stanju,
- brave i uređaje za zabravljivanje, kao i vrata, koji uvek moraju da budu u dobrom radnom stanju,
- cerade kod open-top kontejnera ili kod kontejnera sa otvorenim stranicama, koje uvek moraju biti u dobrom stanju i ne smeju biti oštećene, uvrnute ili nabrane,
- unutrašnjost kontejnera, koja mora biti suva, čista i bez odpadaka ili mirisa.

Zbog velike važnosti problema čišćenja kontejnera izdato je "Opšte upustvo za čišćenje kontejnera" kao rezultat diskusije između ICS (International Chamber of Shiping – Međunarodna komora brodara) i IICL (Institute of International container Lessors – međunarodni institut kontejnerskih lizing kompanija) na razvoju zajedničkih kriterijuma za čišćenje kontejnera [11].

Nakon izbora, pregleda i čišćenja kontejnera posebna pažnja pre njihove upotrebe mora se posvetiti problemima punjenja kontejnera robom i osiguranju robe u kontejnerima..

4.1. Punjenje kontejnera robom [12]

Prilikom punjenja kontejnera robom težnja je da se maksimalno iskoriste prostor (kapacitet) i nosivost kontejnera. Zato je veoma važno da se poznaju karakteristike robe u cilju praktičnijeg grupisanja tereta i adekvatnijeg iskorišćenja prostora kontejnera. U tu svrhu su na osnovu višegodišnjeg iskustva u okviru kontejnerskog transporta proizašo niz praktičnih pravila koja treba svakako primenjivati u praksi [12]. Takođe, pri punjenju kontejnera robom potrebno je da težište ukupnog tereta ne odstupa mnogo od težišta baze kontejnera, jer bi se javljali problemi u vidu iskošavanja kontejnera prilikom pretovara. Dozvoljena su maksimalna pomeranja težišta tereta za 1/10 dužine, odnosno 1/10 širine kontejnera od težišta baze, kao i njegov nagib od cca. 2.5° prilikom pretovara.

Grupisanje-paletizacija tereta. Pre punjenja kontejnera treba razmotriti grupisanje određenih vrsta robe. Vreće i ostali mali predmeti mogu da se utovare i istovare mnogo brže kada su grupisani ili složeni na palete. Roba može da se osigura na paleti omotavanjem folije ili vezivanjem trakama. Folija je posebno korisna u tome što omogućava odličnu zaštitu od vlage, a pored toga i vrlo stabilno slaganje. S obzirom da ima vrlo mnogo različitih vrsta paleta bitno je da određeni tip koji se koristi da efikasan smeštajni model. Shvativši to, mnogi proizvođači prilagodili su svoje proizvode i pakovanje dimenzijama kontejnera. To može da bude efektivniji put da se iskoristi pun kapacitet kontejnera i da se ostvare visoki ekonomski efekti u transportu.

Prostor za tovarenje. Opšti teret obuhvata ogroman broj različitih proizvoda koji se obično transportuju zajedno iz razloga ekonomičnosti i praktičnosti. Sva roba nije podjednako kompatibilna i pogodna za zajednički transport. Izbor je s toga od bitnog značaja za odlučivanje koja roba može da se smešta zajedno bez rizika od oštećenja. Pravilan utovar robe je posebno značajan za prevoz kontejnera do kupaca pri čemu kontejner ostaje zatvoren sve do konačnog prispeća. Neadekvatno punjenje u tom slučaju ne može da se otkrije blagovremeno, a greške koje su načinjene biće još veće.

Opšta pravila punjenja su [10]:

1. Napravite plan smeštajnog prostora. Nekada se to radilo ravanski (2D) na milimetarskom papiru, a danas se to efikasno rešava u 3D (prostorno) pomoću računara. To će ubrzati i pomoći u popunjavanju kontejnera do njegovog maksimalnog kapaciteta. Ne treba zaboraviti da su otvori za vrata manji od unutrašnjih dimenzija samog kontejnera.
2. Ne treba meštati, odnosno u isti kontejner stavljati robu koja stvara prašinu sa onom robom koja se oštećuje od prašine.
3. Ne meštati robu koja ima miris sa robom koja je osetljiva na mirise.
4. Ne stavljati tešku robu preko lake robe.
5. Ne stavljati vlažnu robu zajedno sa suvom robom. Ako se pakovanje koje sadrži tečnost mora meštati zajedno sa drugom vrstom robe, vlažna roba mora uvek da se smesti ispod suve i da se razdvoji daščicama ili podlogama da bi se izbeglo svako moguće oštećenje.
6. Još jednom, ne mešati robu koja proizvodi vlagu sa robom osetljivom na vlagu.
7. Ne koristiti jednu vrstu robe za popunjavanje druge robe osim u slučaju kada su potpuno kompatibilne.
8. Kad se koristi viljuškar koristiti letve ili palete da bi se omogućilo rukovanje sanducima koji nemaju nožice. Drvene letve koje pokrivaju celu dužinu tereta treba postaviti pod svaki sloj. Ovo takođe treba uraditi i kada su bale u pitanju da bi se izbegla oštećenja pri rukovanju.

9. Određena vrsta robe treba da se smešta prema vrsti opreme raspoložive za rukovanje. Tako npr. rolne papira treba smeštati vertikalno ako se istovaruju pomoću viljuškara.
10. Držati različite vrste pakovanja odvojeno. Npr. nikad ne smeštati drvene sanduke pored kartonskih kutija bez odgovarajućeg razdvajanja drvenim daščicama.
11. Držati robu sa oštrim delovima, oštrim ivicama ili uglovima odvojenu od robe kao što su vreće ili bale odnosno one robe koja ima meku zaštitu. Čak i jače pakovanje može da se probuši u toku transporta.
12. Nikad ne smeštati u kontejner robu sa oštećenim pakovanjem čak i kad oštećenje može da izgleda minimalno. Oštećeno pakovanje treba da se popravi pre smeštanja i da se to notira u dokumentaciji. Pre utovara bačvi ili buradi proveriti da ne cure. Uvek smeštati sa otvorom nagore.
13. Posebne mere treba preduzeti kad se puni roba koja spada u grupu opasnih materija.
14. Roba koja podleže carinskoj proceduri treba da se postavi bliže vratima kontejnera da bi se omogućio nesmetan carinski pregled.
15. Treba da se osigura roba kod vrata da bi sprečili predmete od ispadanja kada se vrata otvore.
16. Kad je punjenje završeno treba zatvoriti čvrsto vrata kontejnera i postaviti spolja pečat. Zapisati broj pečata za dalje označavanje.

Transport teških i vangabaritnih tereta u kontejnerima. Teški tereti se uglavnom transportuju u open-top kontejnerima ili na platformama pošto oba tipa omogućavaju mehanički utovar i istovar. Platforme imaju veći kapacitet nego bilo koji drugi tip kontrjnera. Kada se prevoze teški tereti posebna pažnja treba da bude posvećena raspodeli težine tereta duž poda kontejnera. Predmeti sa malom osnovom treba da se postave na daske ili grede da bi se pojedinačna masa raspodelila po celoj površini poda kontejnera. Težište tereta treba da je što bliže težištu kontejnera, a takođe i što je moguće niže. Težište na velikim ili teškim teretima treba da je vidno označeno kao i tačke za podizanje. Težina pojedinačnog tereta koja je preko 3 t treba da je označena na vidnom mestu na ambalaži. Kao opšte pravilo za teške terete je da oni moraju biti pažljivo osigurani. Učvršćivači za teške terete su obavezni. Dodatni uređaji za učvršćivanje su takođe često potrebni za ojačanje zidova kontejnera. A često je potrebno upotrebiti i opremu protiv trenja da bi se apsorbovali udari od pomeranja.

Komadni teret. Ovakav teret treba da se smešta priljubljen, u čvrste, kvalitetne sanduke da bi se zaštitio od pomeranja. Prema težini tereta moguće je utovariti samo jedan red. U tom slučaju treba ga postaviti u težište kontejnera. Bočne zidove ojačati daskama i kosim podupiračima. Roba koja nije toliko teška treba da se utovara u redovima duž bočnih strana kontejnera i bude učvršćena horizontalnim letvama umetnutim u prostor između redova. Osnovno je da se teret osigura tako da se obezbedi da ne vrši pritisak na vrata. To može da se obezbedi pomoću neke vrste drvenih vrata učvršćenih za ugaone i podne nosače.

Tereti velike gustine. Sistemi za učvršćivanje koji omogućavaju kontrolisano pomeranje preporučljivi su za vrlo teške terete sa niskim težištem i bez rizika od prevrtanja. Pomeranje tereta, kao što su blokovi granita ili mermera, može da se spreči pomoću različitih sredstava koja sprečavaju trenje. Lanci ili druga sredstva za učvršćivanje teških tereta takođe treba da se koriste da bi se održali ovakvi komadi na mestu.

Jako dugački tereti. Teške cevi, grede, traverze treba da se smeštaju na poprečne letve postavljene duž poda kontejnera i između svakog sloja tereta. Takvi tereti imaju tendenciju da klize po dužini (posebno za vreme železničkog manevrisanja) izlažući čeone zidove kontejnera ekstremnom udaru. Zato je neophodno da se stranice ojačaju drvenom građom ili okrajcima koji moraju da budu najmanje iste visine kao i teret.

Teške rolne. Posebna pažnja mora da se obrati na zaštitu od pomeranja kada se transportuju teške rolne. Kada se prevoze u open-top kontejneru potrebno je povezati rolne u parove i svaku osigurati sa velikim drvenim blokovima ukucanim u pod. Ojačati krajeve kontejnera sa kosim letvama pozicioniranim na visinu težišta rolni. Prazne prostore popuniti drvenom građom.

Mašine. U zavisnosti od veličine, ramovi ili postolja teških delova mašina treba da se postave na drvenu rešetku, ploču ili pragove. Nosač mora da bude učvrsćen za pod kontejnera, a isto tako i poduprt u odnosu na ugaone nosače u visini težišta tereta. Takođe može biti potrebno da se podupre nosač u visini poda kontejnera.

Teška i dugačka vozila. Traktori, poljoprivredne mašine, buldožeri i ostala teška i velika vozila takođe mogu da se transportuju na platformama ili u open-top kontejnerima. Njih treba osigurati sa gredama ili klinovima ispred i iza svakog točka. Visina ovih podupirača treba da je najmanje jedna trećina radijusa točka.

Vangabaritni tereti. U većini slučajeva vangabaritni tereti mogu da se prevoze u okviru kontejnerskog sistema transporta. Oni mogu da se prevoze u open-top ili open-sajd (otvoren sa boka) kontejneru ili platformi. Kada se prevoze na platformi neophodno je da se teret postavi tako da vođice za kontejnerske ćelije ostanu vidljive. To proširenje iznosi 50 cm od krajeva platforme duž obe strane. Kada se brodom prevoze vangabaritni ili teški predmeti koji ne mogu da se pretovaraju kontejnerskom dizalicom, potrebno je obezbediti plovnu dizalicu. Ograničenje u kopnenom transportu za ovakve terete takođe treba uzeti u obzir.

4.2. Osiguranje robe u kontejneru [12]

Mada je kontejnerizovana roba dobro zaštićena, ipak je izložena konstantnom pomeranju i drmanju prilikom transporta. Za vreme prevoza drumskim ili železničkim sredstvom kontejner je izložen ubrzanjima i kočenju, a isto tako i centrifugalnoj sili i konstantnim malim vibracijama. Na moru, brod može da se ljulja sa jedne na drugu stranu, mada su noviji brodovi opremljeni finim stabilizatorima koji smanjuju ovaj problem. Efikasno osiguranje tereta u toku transportnog procesa je s toga apsolutno značajno. Kontejner je tako projektovan da omogući učvršćivanje i sigurno smeštanje tereta. Neka korisna rešenja oko osiguranja robe su:

- pod od drveta ili šperploče: dozvoljava da se blokovi, letve i slično pričvrste ekserima ili zavrtnjevima,
- unutrašnji zidovi: za podupiranje lake robe,
- ugaonici: pogodni za učvršćivanje drvenim letvama, a većina je opremljena sa alkama za zakačivanje,

- tačke za pričvršćivanje: na podu i krovu, prstenovi i alke za kačenje i osiguranje pomoću užadi, lanaca, gumenih ili čeličnih traka itd. a na zidu podužne šine.

Napomena: zidovi, vrata i krov su samo zaštitna površina koja ne može da izdrži koncentrisano naprezanje.

Dodatna sredstva. Teret u kontejneru u većini slučajeva može da se osigura koristeći sledeće materijale:

- drvene grede, kajle, ploče za osiguranje, učvršćenje, odupiranje i smanjenje pritiska,
- prigodne drvene letve ili motke za učvršćivanje tereta u sektorima i omogućavanje mehaničkog pražnjenja,
- posebne table, šperploče i daske da bi se obezbedilo razdvajanje slojeva ili da se izvrši razdvajanje različite robe u pojedine sektore,
- penasta guma i vazdušni jastuci za smanjenje vibracija i za sprečavanje tovara od pomicanja,
- polovne gume ili vreće sa otpacima od hartije ili piljevine za popunjavanje praznog prostora, ublažavanje iznenadnih udara i sprečavanje trenja,
- mreže za obezbeđivanje lomljivih stvari,
- konopci, žica, čelične trake i plastični kaiševi za vezivanje.

Ovde će biti navedena neka od pravila za punjenje kontejnera sa gledišta osiguranje robe [12]:

Istoimena roba. Ako kontejner sadrži samo jednu vrstu robe celokupna zapremina može da se iskoristi. To se odnosi na kutije, drvene sanduke itd., koji će se držati čvrsto na mestu, a u slučaju kutija i za zaštitu od trenja. Kada je prazan prostor neizbežan postavlja se roba tako da prazan prostor ostane u sredini kontejnera, odnosno treba početi slaganje od zida ka sredini. Ovaj prazan prostor treba koristiti za učvršćivanje, a najlakše je učvrstiti tovar u sredini.

Roba koja je lomljiva ne učvršćuje se drvetom niti konopcima već se osigurava mrežama. Zategnuti mrežu što je moguće čvršće oko ovakvog tereta i pričvrstiti za kuke ili alke u kontejneru. Roba u neotpornom pakovanju može da bude oštećena kada se nekoliko slojeva slažu jedan preko drugog. Rasporediti pritisak umetanjem gredica ili šperploča na jednakim intervalima.

Veliki sanduci i kutije. Veliki teški predmeti koji zauzimaju samo deo širine kontejnera treba da se postave na sredinu i osiguraju kosim podupiračima u odnosu na pod i stranice. Ove jedinice tereta takođe treba da se pričvrste na više mesta za učvršćivanje. Kosi podupirači nikad ne smeju da se oslone direktno na zidove jer ovi nisu dovoljno čvrsti da izdrže povećani pritisak u jednoj tački. Bočni zidovi treba da se ojačaju sa daskama pre postavljanja kosih podupirača.

Uvrećena roba. Ova vrsta robe ima osobinu da sklizne za vreme transporta pri čemu stvara povećani pritisak na vrata ili zidove kontejnera. Da se obezbedi ovakav teret treba postaviti gumu među slojevima. Da bi se izbeglo ispadanje vreća za vreme istovara postaviti potpornu dasku na poslednji red vreća. Kao što je poznato, uvrećena roba koja je paletizovana ne pravi ovakve probleme, a takođe se brže utovara i istovara.

Bačve i burići. Najbolje takvu robu smestiti uspravno i prislonjene jedne uz druge. Ako nisu projektovani tako da uležu jedan u drugi, treba da se postavi neki vid podupirača (table šperploče ili brodski pod) između svakog sloja. Osigurati na strani vrata sa letvama prema ugaonim nosačima kontejnera. Drveni burići nisu pravljeni da izdrže pritisak po sredini obima. Kada su smešteni honzontalno moraju se podupreti na krajevima pomoću poprečnih dasaka koje podižu sredinu bureta od poda kontejnera. Obezbediti da ne dođe do kotrljanja pomoću klinova.

Rolne. Kao u prethodnom slučaju, treba obratiti pažnju na opremu raspoloživu za utovar i istovar cilindricnih predmeta s s obzirom da rolne papira mogu da se smeštaju u kontejner i horizontalno i vertikalno. Rolne koje su postavljene uspravno treba da se smeštaju jedna uz drugu. Svaki prazan prostor između rolni treba popuniti sa vrećama napunjenim piljevinom, trakama od talasastog kartona ili sličnim materijalom za učvršćivanje. Osiguranje kod vrata izvršiti sa nekim vidom podupirača, mrežom ili klinovima i ojačati čeonu i bočne strane kontejnera. Prostor u kontejneru češće može bolje da se iskoristi postavljanjem rolni na bočnu stranu. Kada se tako postavljaju, osigurati rolne najbliže vratima pomoću klinova ili drugim sredstvima.

Tečnosti u dzambo vrećama. Vino, lateks, boje za farbanje i druge neopasne tečnosti često se transportuju u 20' kontejnerima opšte namene u čvrstim, velikim, sintetičkim vrećama. Kada se to koristi potrebno je vreću dobro učvrstiti sa strane vrata pomoću drvene daske. Proveriti da li su uređaji za istakanje vreća čvrsto zatvoreni da bi se izbeglo curenje u kontejneru. Takođe treba proveriti da li su trake, koje se nalaze na vrećama dobro učvršćene i privezane za prstenove u kontejneru. Ovo je potrebno ne samo zbog osiguranja tereta već i zbog toga da ne bi došlo do pomeranja i stvaranja iznenadnog pritiska na stranice i krajeve kontejnera.

4.3. 3D model punjenja kontejnera robom

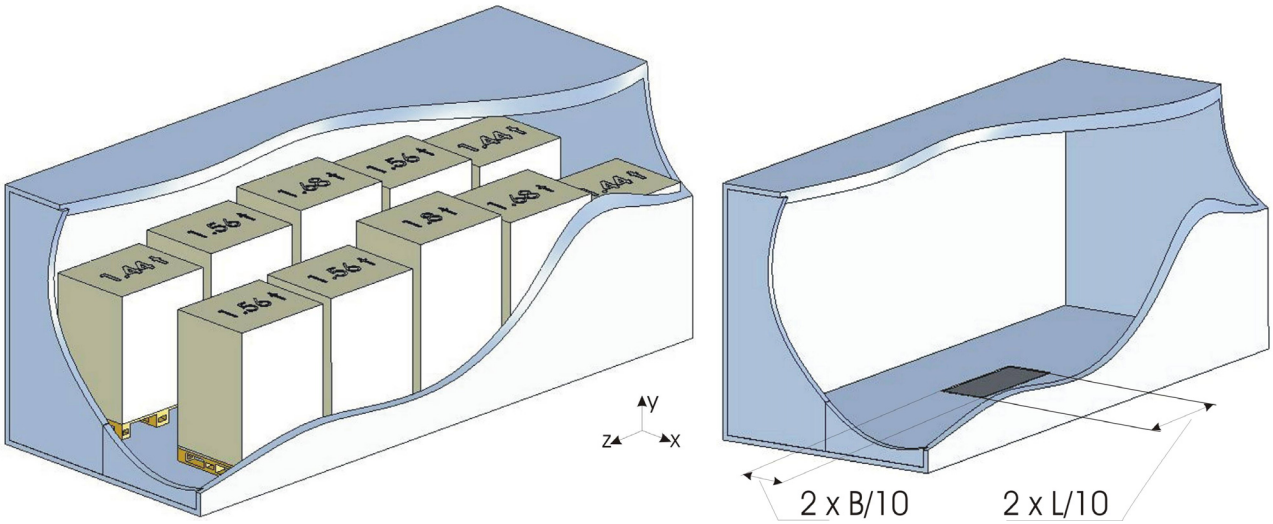
Na slici 2 prikazan je model kontejnera, od 20' i mase 4 t, ispunjen paletizovanom robom. Pri modeliranju u softveru Solid Works uzet je raspored robe koji odgovara mogućem realnom stanju popunjenosti kontejnera. Teret je postavljen na standardne paleta 800x1000 mm. Popuna kontejnera ostvarena je u dva reda sa prolazom od 700 mm koji omogućava lakši pregled i pričvršćivanje robe. Između susednih paleta je predviđen prostor od 100 mm. Masa pojedinačnih tereta data je na istoj slici, čija je ukupna vrednost sa paletama cca. 15.95 t. Sa slike se uočava da je roba relativno dobro raspoređena u kontejneru, mada nije postignuto maksimalno iskorišćenje njegove zapremine i nosivosti.

Na osnovu formiranog modela softver omogućava automatizovani postupak određivanja niza karakteristika modela od kojih su značajne:

- ukupna (bruto) masa modela ***M*** koja mora biti manja od maksimalne dozvoljenae bruto mase kontejnera koja za prikazani tip kontejnera od 20', iznosi 24 t, i
- položaj težišta kontejnera u horizontalnoj ravni.

Za prikazani model dobijeni su sledeći rezulteti:

- bruto masa kontejnera M_{bruto}= 19.95 t < $M_{bruto\ doz.}$ = 24 t,
- položaj težišta u horinzontalnoj ravni
  x = 13.52 mm < B/10 ≈ 240 mm,
  z = |-195.24| mm < L/10 ≈ 600 mm.



Sl. 2 *3D model jednog primera punjenja kontejnera robom*

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu izloženog mogu se izvući sledeći zaključci:

- kontejner posle poluvekovne primene predstavlja relativno jeftinu i najčešće upotrebljavanu najveću standardizovanu logističku jedinicu u transportu robe, koja je istovremeno jedinica pakovanja, skladištenja, pretovara i transporta,
- međunarodni biro za kontejnere (BIC) postavljajući jedinstveni informacioni i identifikacioni sistem u kontejnerskom transportu utvrdio je niz pravila koja važe za sve njegove učesnike i znatno je unapredio ovaj vid transporta u okviru svetske globalizacije,
- pravilan izbor, sveobuhvatan pregled i čišćenje kontejnera pre upotrebe, kao i korektan postupak njihovog punjenja robom sa primenjenim merama osiguranja omogućava efikasan i visoko ekonomičan prevoz robe kontejnerskim transportom.

LITERATURA

[1] Marinković Z., Jovanović M., Janošević D., Marković S., Mijajlović D.: "**Pretovarna oprema kombinovanog transporta na železničkim kontejnerskim terminalima"**, X jugoslovenska konferencija "Železničko mašinstvo 2002" sa međunarodnim učešćem, Niš 2002., Zbornik radova, Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu, Niš, 2002. str. 163 ÷ 168.

[2] Петров Д.: "**Контейнери и контейнеризация"**, "Техника", София, 1980.

[3] Perišić R.: **"Konteneri"**, Zavod za novinsko-izdavačku delatnost i propagandnu delatnost, Beograd, 1972.

[4] **"70 godina međunarodnog biroa za kontenere"**, časopis "Racionalizacija transporta i manipulisanja - Logistika", br. 3-4/97, Jugoslovenska zajednica za paletizaciju, Beograd, 203., str. 7 ÷ 9.

[5] "**Od Sant Petersburga do Sant Petersburga – XXI Zasedanje ISO komiteta 104 za kontenere održan u maju u SAD**", časopis "Racionalizacija transporta i manipulisanja - Logistika", br. 3-4/97, Jugoslovenska zajednica za paletizaciju (JZP), Beograd, 2003., str. 19 ÷ 21.

[6] Bukumirović M.: "Elementi transportnih sredstava i uređaja II", Saobraćajni fakultet u Beogradu, Beograd, 2001.

[7] **"Ka automatizovanoj proizvodnji kontenera"**, časopis "Racionalizacija transporta i manipulisanja - Logistika", br. 1/99, JZP, Beograd, 1999., str. 12 ÷ 13.

[8] **"Identifikacija kontenera"**, časopis "Racionalizacija transporta i manipulisanja - Logistika", br. 2/01, JZP, Beograd, 1999., str. 18,

[9] Jakšić-Radoš G.: **"Iz rada međunarodne organizacije za standardizaciju"**, časopis "Racionalizacija transporta i manipulisanja - Logistika", br. 1/98, JZP, Beograd, 1998., str. 25 ÷ 27.

[10] Jakšić-Radoš G.: **"Iz dokumentacije JZP – Informacije JZP 3/93, 4/93, 5/93"**, časopis "Racionalizacija transporta i manipulisanja - Logistika", br. 1/94 , JZP, Beograd, 2004., str. 18 ÷ 19.

[11] **"Opšte uputstvo za čišćenje kontenera"**, časopis "Racionalizacija transporta i manipulisanja - Logistika", br. 4/94 , JZP, Beograd, 2004., str. 23 ÷ 27.

[12] Jakšić-Radoš G.: "**Iz dokumentacije JZP – Informacije JZP 1/94, 2/94, 3/94, 4/94 i 5/95"**, časopis "Racionalizacija transporta i manipulisanja - Logistika", br. 2/94. i br. 3/94, JZP, Beograd, 2004., str. 17 ÷ 19 i str. 13 ÷ 15.

CONTAINERS AND THEIR ROLE IN TRANSPORT OF GOODS

Z. Marinković, G. Petrović, P. Milić

Abstract*: The paper discusses the design, manufacture, maintenance, cleaning, and identification of standard ISO containers. Special attention is given to the way of packing and protecting the goods in a container. A model for three-dimensional representation of goods in the container room for determining the berycenter of packed goods, have been developed. This enables the transportation of a properly loaded container, i.e. prevents a container whose berycenter significantly deviates from allowed limits, which disables its proper transport.*

Keywords: container, goods, transport, identificatio

XI ŽELKON '04
RAILCON '04
2004

MODEL I PROGNOZA VIDOVNE RASPODELE U PUTNIČKOM SAOBRAĆAJU NA KORIDORU BEOGRAD-NIŠ

Mirjana Stevanović [1], Predrag Jovanović [2]

Rezime - *Koridor Beograd - Niš pripada koridoru X i predstavlja jedan od magistralnih pravaca saobraćajne mreže Srbije i Crne Gore. Dominantni vidovi prevoza na koridoru Beograd - Niš su železnički i drumski. Primenom disagregatnog modela vidovne raspodele saobraćaja definisani su elementi kvaliteta prevozne usluge koji su najbitniji i najviše utiču na izbor vida prevoza na ovom koridoru. U saobraćaju su prisutne stalne promene, a one su često odraz promena tehničkih i tehnoloških parametara vidova saobraćaja, i uradjena je prognoza vidovne raspodele zasnovana na scenariju promene elemenata kvaliteta prevozne usluge posmatranih vidova saobraćaja a koji su uslovljeni zadovoljenjem različitih zahteva korisnika usluge.*

Ključne reči - planiranje saobraćaja, logit model, vidovna raspodela, prognoza, železnica

1. UVOD

U zemljama članicama EU promene u saobraćaju se inteziviraju u pravcu što veće harmonizacije i standardizacije tehnike i tehnologije saobraćaja, povećanja kvaliteta i raznolikosti pružanja prevozne usluge i stvaranja jedinstvenih saobraćajnih koridora. Zemlje u tranziciji, one koje se nalaze na obodu EU a kojima pripada i Srbija i Crna Gora, teže da se priključe tom trendu razvoja saobraćaja.

Da bi se mogla ostvariti koordinacija i kooperacija više vidova saobraćaja na koridoru potrebno je izvršiti analizu stanja vidova saobraćaja na datom koridoru, uočiti njihov medjusobni odnosa kao i nivo i kvalitet prevozne usluge. To je moguće najbolje uočiti preko modela vidovne raspodele.

Koridor Beograd-Niš pripada Panevropskom saobraćaj-nom koridoru X i predstavlja jedan od magistralnih pravaca saobraćajne mreže Srbije i Crne Gore. Dominantni vidovi prevoza na koridoru Beograd - Niš su železnički i drumski pa opredeljenje putnika kojim od vidova saobraćaja će se prevoziti je stoga izmedju ova dva vida. Parametre koji najbolje definišu zahteve putnika kao i uzajamne veze izmedju najvažnijih karakteristika železničkog i drumskog saobraćaja moguće je adekvatno predstaviti preko modela vidovne raspodele. Definisanjem ovog modela moguće je i uskladiti karakteristike i poboljšati organizaciju drumskog i železničkog saobraćaja na ovom koridoru.

2. DEFINISANJE KORIDORA I PLANIRANJE SAOBRAĆAJA

Saobraćajni koridori su "hodnici" u kojima su zastupljeni "jaki" saobraćajni tokovi različitih vidova saobraćaja. Analiza saobraćajnih pravaca na pojedinim koridorima u svetu [3] je pokazala da su to najčešće kombinacije drumskih pravaca velikih kapaciteta i železničkih magistralnih pravaca. Problemi planiranja saobraćaja na koridoru su najčešće "svedeni" na probleme raspodele tokova putnika izmedju vidova saobraćaja ili na probleme izbora vida prevoza.

Pristup i tehnike rešavanja problema planiranja saobraćaja doživeli su revoluciju osamdesetih godina. Do tada su se problemi saobraćaja posmatrali parcijalno tako da su i efekti imali parcijalan karakter. Vremenom, kako je organizacija saobraćaja postajala sve složenija, a zahtevi za prevozom sve kompleksniji i raznovrsniji, bilo je potrebno uvesti sistemski pristup u rešavanju problema saobraćaja i primena različitih tehnika i metoda. U početku su to bili modeli sa jednom promenljivom a kasnije su prerasli u modele sa više promenljivih. Oblik uzajmne veze je takodje vremenom evaluirao od linearne regresije do modela regresione analize.

Danas saobraćaj se posmatra kao sistem koji se sastoji od više celina koje su medjusobno u interakciji. Rezultat ovakvog posmatranja je rezultirao pojavom klasičnog modela planiranja saobraćaja koga čine modeli generisanja putovanja, raspodele putovanja, vidovne raspodele i prevoza.

Od veličine, detaljnosti, načina prikupljanja i predstavljanja podataka koji se koriste za modele može se govoriti o agregiranim i disagregiranim "dimenzijama" podataka. Disagregatni modeli, za razliku od modela koji koriste grupisane podatke, su više osetljivi na promene u planiranju saobraćaja i promene u "politici" - strategiji definisanja pojedinih podmodela klasičnog modela planiranja saobraćaja.

3. METODE I MODELI VIDOVNE RASPODELE

Rasporedjivanje putovanja na različite vidove saobraćaja, kao jedan deo klasičnog modela planiranja saobraćaja, usmeren je na problem izbora vida saobraćaja od strane korisnika tamo gde postoji više alternativnih prevoza na jednom pravcu. Rešenje ovakvog problema predstavlja model vidovne raspodele.

U početku modeli vidovne raspodele su bili linearni, sa jednom ili više promenljivih, i podaci koji su se koristili su bili agregirani.Zatim se koriste sintetički modeli. U ovom modelu raspodela putovanja i izbor vida saobraćaja se

[1] mr Mirjana Stevanović, dipl.inž.saob., Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, 11000 Beograd, miras@ptt.yu
[2] Predrag Jovanović, dipl.inž.saob., Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, 11000 Beograd, pjovan@verat.net

izvršavaju istovremeno.

Medjutim, najbolji rezultati se ostvaruju kada se istovremeno i simultano generišu relacije, vrši izbor destinacija i vrši izbor prevoza. Ovaj model je poznat kao model direktne potražnje (direct demend model). Medjutim, u ovom modelu je uključen veliki broj parametara tako da ponekad može da "sakrije" prednost pojedinih vidova saobraćaja.

Zbog velikog uticaja brojnosti i načina predstavljanja podataka na planiranje saobraćaja razvili su se i modeli koji koriste veliki broj pojedinačnih podataka. Ovi modeli su poznati kao behavioral modals ili kao disagregatni modeli [4]. Oni se zasnivaju na hipotezi da će u slučaju više vidova saobraćaja korisnik izabrati onaj koji za njega ima veću korisnost.

Danas se potpuno prelazi na disagregatne modele. U zavisnosti od funkcije raspodele koja se koristi postoje linearni, Logit i Probit modeli i njihove varijacije.

Bez obzira za koji od modela se opredelili, da bi se mogli primeniti neke od poznatih metoda vidovne raspodele, potrebno je analizirati elemente od kojih zavisi vidovna raspodela.

4. STANJE ŽELEZNIČKOG I DRUMSKOG SAOBRAĆAJA NA KORIDORU BEOGRAD - NIŠ

Koridor Beograd-Niš je deo železničko-drumskog koridora X koji spaja zapadnu i centralnu Evropu sa jugoistočnom Evropom i bliskim i srednjim istokom. Koridor X povezuje nekoliko medjunarodnih železničkih pruga i drumskih saobraćajnica. Svaka od nacionalnih pruga i drumskih saobraćajnica sa svoje strane objedinjuje mrežu lokalnih pruga i saobraćajnica. Da bi se lakše koordinirao rad i analizirao saobraćaj na Koridoru su saobraćajnice podeljene na manje deonice i jedna od njih je koridor Beograd-Niš.

Najznačajnije saobraćajnice na koridoru Beograd-Niš su: magistralna pruga Beograd-Niš koja je i sastavni deo magistralnog pravca Beograd-Niš-Dimitrovgrad-Sofija i Beograd-Niš-Preševo-Skoplje-Solun i magistralni autoput Beograd-Niš koji je deo TEM koridora E75 i transjugoslovenskog magistralnog pravca M1.

Na ovom koridoru su prisutni vidovi saobraćaja koje odlikuje veliki kapaciteta sa, za današnje uslove i obim saobraćaja, značajnim rezervama. Najvećim delom njihove saobraćajnice su paralelne. Koliki deo tržišta transportnih usluga na ovom koridoru će u perspektivi imati svaki od ova dva vida, zavisiće prvenstveno od njihovih tehničkih, tehnoloških, komercijalnih, bezbedonosnih i drugih parametara odnosno kvaliteta prevozne usluge koju će ponuditi.

4.1. Železnički saobraćaj

Pruga Beograd-Niš (preko Mladenovca) je magistralna pruga dužine 243,5 km, 14,4% cele dužine koridora X, i ima dva ogranka na deonici od Beograda do Velike Plane, jedan preko Mladenovca i drugi preko Male Krsne. Celom dužinom koridora je elektrificirana. Maksimalna dozvoljena masa po osovini na pruzi Beograd-Niš je 22,5 t izuzev na deonici Resnik-Mladenovac-Velika Plana gde je 20 t. Najveće dopuštene brzine se kreću u rasponu od 70 do 120 km/h. Prosečna starost vučnih i vučenih vozila je izmedju 10 i 26 godina. [jul 2001.].

Izmedju Beograda i Niša saobraćaju medjunarodni i unutrašnji daljinski, regionalni i lokalni putnički vozovi i direktni i sabirni teretni vozovi. Sve relacije saobraćaja putničkih vozova mogu se podeliti u dve grupe. Jedno su relacije u medjunarodnom i unutrašnjem daljinskom saobraćaju, koje tranzitiraju koridor. Drugo su relacije vozova koji se pokreću ili završavaju vožnju, ili oboje, na koridoru. To su relacije ka ili od velikih gradova (privrednih centara). Organizovani gradski železnički saobraćaj postoji u Beogradu i Nišu. U teretnom saobraćaju najveći broj relacija je ka i od Beograda, Lapova i Niš-a gde se nalaze ranžirne stanice.

Magistralna pruga Beograd-Niš je jedna od najfrekvetnijih pruga na sadašnjoj mreži Železnica Srbije. Gledano sa aspekta organizacije putničkog saobraćaja i kvaliteta prevozne usluge zajedno, na pruzi Beograd-Niš saobraćaju poslovni, ekspresni, brzi, putnički i lokalni vozovi. Srednje vreme putovanja poslovnim vozom, na relaciji od Beograda do Niša prema važećem redu voznje za 2003/2004. god, je 4 sata i 10 minuta. Uz pretpostavku da je putniku u odlasku i dolasku od/do stanice i konačnog mesta opredeljenja potrebno u proseku 30 minuta brzina putovanja železnicom je 45,48 km/h. Ovakva komercijalna brzina putnika, kao najvišeg ranga vozova prema kvalitetu prevozne usluge, je rezultat uvodjenja laganih vožnji i ograničenja brzina na pruzi.

Mala komercijalna brzina, nedovoljno iskorišćen kapacitet pruge, nedovoljan obim prevoza putnika i robe, nizak nivo kvaliteta prevozne usluge su neke od karakteristika železničkog saobraćaja na koridoru Beograd-Niš

4.2. Drumski saobraćaj

Mrežu puteva na koridoru Beograd - Niš čini: deonica magistralnog autoputa evropskog značaja E75 od Beograda do Niša, regionalni i alternativni putevi R-214, R-200 i R-100. Najznačajnija i najfrekvetnija saobraćajnica na ovom koridoru je deonica magistralnog autoputa E75. Dužina autoputa je 230 km. Spada u kategoriju savremenih autoputeva sa 2 kolovoza sa po dve saobraćajne trake širine 3,75 m i po jednom zaustavnom trakom. Maksimalna dozvoljena brzina je 120 km/h.

Tokovi voznih jedinica na koridoru Beograd - Niš su veoma intezivni. Čine ih: privatni automobili, autobusi, teretna i priključna vozila. Na putevima regionalnog i lokalnog značaja se odvija teretni saobraćaj manjeg obima i lokalni putnički saobraćaj, dok deonicom magistralnog autoputa prolazi celokupan tranzit i (početno-završni) daljinski saobraćaj. Cela mreža puteva je dobro pokrivena autobuskim linijama. Javni drumski saobraćaj na koridoru od Beograda do Niša raspolaže sa oko 3 144 voznih jedinica što predstavlja 28% od ukupnog broja voznih jedinica Srbije i Crne Gore [7]. Medjutim, veći deo vozila javnog drumskog saobraćaja ne zadovoljava standarde EU pa se najveći broj koristi u unutrašnjem saobraćaju.

Vreme putovanja autobusom do Niša. u 2003.god se kreće u rasponu od 3 sata i 10 minuta do 3 sata i 30 minuta u zavisnosti od kategorije prevoza. Uz pretpostavku da je putniku u dolasku i odlasku od/do stanice i konačnog opredeljenja potrebno u proseku 30 minuta prosečna brzina putovanja autobusom je od 52,2 km/h do 56,4 km/h. Isto ovo rastojanje automobilom se predje za 3 sata sa

prosečnom brzinom od 78,33 km/h

5. PRIMENA DISAGREGATNOG MODELA NA KORIDORU BEOGRAD-NIŠ

Posmatranjem karakteristika putničkog železničkog i drumskog saobraćaja na koridoru Beograd-Niš može se govoriti s jedne strane o načinu "korišćenja" ova dva vida saobraćaja i sa druge strane o opredeljenju putnika za način prevoza u uslovima postojanja ova dva konkurentska vida saobraćaja. Kakav će odnos ova dva vida imati na ovom koridoru prvenstveno zavisi od kvaliteta prevozne usluge koji oni nude i od njihovog uzajamnog odnosa na transportnom tržištu.

Za definisanje vidovne raspodele i utvrdjivanje bitnih elemenata kvaliteta prevozne usluge na koridoru najčešće se koristi binarni logit model. Da ovaj model daje odlične rezultate u slučaju prisustva dva vida prevoza na koridoru pokazale su mnoge analize i rešenja prikazana u literaturi [2], [3], [4], [5] i [6].

Teorijska osnova modela vidovne raspodele je zasnovana na teoriji maksimizacije korisnosti. Korisnik će izabrati onaj vid prevoza koji za njega ima veću korisnost. Verovatnoća izbora odredjenog vida prevoza se izražava preko funkcije korisnosti koja karakteriše svaki vid prevoza.

Oblik funkcije korisnosti dugo je bila tema diskusije mnogih analitičara i planera saobaćaja. Dobrim i adekvatnim definisanjem korisnosti, odnosno definisanjem funkcionalne veze izmedju izabranih parametara, moguće je utvrditi uticaj parametara na verovatnoću izbora vida prevoza odnosno izvršiti analizu osetljivosti dobijenog rešenja. Kod binarnog logit modela sistemska korisnost se najčešće predstavlja preko linearne funkcije zavisnost

$$V_{in} = \lambda' \cdot x_{in}\ ,\ V_{jn} = \lambda' \cdot x_{jn} \qquad (1)$$

a verovatnoća izbora vida prevoza ***i*** kao:

$$P_n(i) = \frac{1}{1 + e^{-(\mu\lambda') \cdot (x_{in} - x_{jn})}} \qquad (2)$$

Kao disagregatni model na koridoru Beograd -Niš je primenjen binarni logit model. Za odredjivanje funkcionalne zavisnosti izmedju važnih parametara dominantnih vidova prevoza korišćena je baza podataka dobijena na osnovu ankete velikog broja pojedinačnih korisnika u putničkom saobraćaju [1]. Anketa sadrži podatke o elementima vezanih za samu relaciju (dužina relacije, vreme putovanja, cena prevoza, potreba za presedanjem putnika, itd.), o parametrima vezanim za pristup odnosno odstup vidu prevoza koji putnik koristi kao i podatke o socio-ekonomskim aktivnostima putnika (starost, obrazovanje, visina prihoda, itd).

Primenom ovog modela na koridoru Beograd-Niš je utvrdjeno da brzina putovanja igra znatnu ulogu u opredeljenju putnika za pojedini vid prevoza. Ustanovljeno je da je prosečna brzina kojom se putnici prevoze vozom 45,48 km/h, autobusom 52,22 km/h, ekspresnim autobusom 56,4 km/h, i automobilom 78,33 km/h. Dobijena funkcionalna veza izmedju sistemske korisnosti i brzine prevoza putnika u železničkom saobraćaju iznosi

$$V_{ž} = 0{,}14V_{kž} - 1{,}0215 \qquad (3)$$

odnosno u drumskom saobraćaju

$$V_d = 0{,}14V_{kd} \qquad (4)$$

gde su:

$V_ž, V_d$ - sistemska korisnost železničkog i drumskog saobraćaja
$V_{kž}, V_{kd}$ - brzina putovanja putnika od početne do krajnje stanice u železničkom odnosno drumskom saobraćaju

Za ovako uspostavljenu funkcionalnu vezu standardna greška za koeficijent brzine je 0,00011 odnosno za slobodan član 0,1277 što znači da pouzdanost ovih funkcionalnih veza iznosi preko 99%.

Na bazi dobijenih podataka za brzine i pri postojećim uslovima saobraćaja na koridoru samo se 12,29% putnika opredeljuje za prevoz železnicom pri izboru izmedju železnice i autobusa. Taj broj se smanjuje na 7,24% kada se opredeljuju izmedju železnice i ekspresnih autobusa. Razlog za smanjenje procenta broja putnika koji se prevoze železnicom može se tražiti u većoj razlici izmedju brzina koje oni nude. Sa porastom brzine u železničkom saobraćaju odnos izmedju njih se menja u korist železnice. Već pri brzinama većim od 80 km/h preko 90% putnika se opredeljuje za železnicu.

Medjutim, odnos je potpuno drugačiji kada je u pitanju prevoz putničkim automobilima. Zanemarljivo je mali procenat putnika koji se opredeljuju za železnicu pri izboru izmedju železnice i automobila, i on iznosi 0,36%. Tek od brzina većih od 80 km/h, gde se 31,27% putnika opredeljuje za železnicu, može se smatrati da će doći do značajnijeg interesa putnika za železnicu. Pri porastu brzine putovanja na 90 km/h, taj odnos je 64,85%: 35,15% u korist železnice, odnosno pri brzini od 100 km/h, 88,21% putnika se opredeljuje za železnicu pre nega za automobil. Prema dobijenim rezultatima možemo uočiti da tek pri brzini putovanja od 100 km/h u železničkom saobraćaju preko 88% putnika bi se opredelilo za njega bez obzira na način prevoza u drumskom saobraćaju. Pri brzini 80 km/h preko 90% putnika sa autobuskog bi prešlo na železnicu odnosno u isto vreme samo 31,27% putnika iz automobila (tabela 1.)

Sledeći bitan elemenat koji igra ulogu u opredeljenju putnika izmedju železničkog i drumskog saobraćaja na koridoru Beograd-Niš je potreba presedanja od polazne do krajnje stanice putovanja. Funkcija korisnosti za železnički putnički saobraćaj je

$$V_z = 0{,}17V_{kz} + 2{,}35K_{pd} - 2{,}086 \qquad (5)$$

odnosno za drumski

$$V_d = 0{,}17V_{kd} + 2{,}69K_{pz} \qquad (6)$$

gde su:

K_{pd}, K_{pz} - promenljive koje karakterišu presedanje u drumskom i železničkom saobraćaju (K=1 ako ima presedanja u suprotnom je 0)

Tabela 1. Vidovna raspodela u zavisnosti od promene brzine putovanja putnika železnicom

	$V_{kž}$=45,48	$V_{kž}$=50	$V_{kž}$=60	$V_{kž}$=70	$V_{kž}$=80	$V_{kž}$=90	$V_{kž}$=100
bus V_{kd}=52,22	12,29	20,88	51,79	81,27	94,62	98,62	99,66
Ex.bus V_{kd}=56,4	7,24	12,81	37,34	70,73	90,74	97,55	99,38
Auto V_{kd}=78,33	0,36	0,68	2,69	10,08	31,27	64,85	88,21

Standardizovane slučajne promenljive, kao mera pouzdanosti dobijenih rezultata, su za koeficijent uz brzinu 11,99, za koeficijent uz promenljivu presedanje u železničkom saobraćaju 6,53, za koeficijent uz promenljivu presedanje u drumskom saobraćaju 4,71 i za slobodan član 10,03. Pouzdanost ovih funkcionalnih veza je 98,2%.

Na osnovu ovako dobijenih funkcija korisnosti proizilazi da u sadašnjim uslovima učešće železničkog saobraćaja na relacijama kada i u železničkom i drumskom saobraćaju ima presedanja iznosi 3,33% a u slučaju kada ima presedanja samo u drumskom saobraćaju iznosi 24,77%. Dobijena vidovna raspodela za ostale varijante koeficijenata presedanja je prikazana u tabeli 2.

Tabela 2. Vidovna raspodela u slučaju potreba za presedanjem od polazne do krajnje stanice putovanja

	$K_{pž}=1$ $K_{pd}=0$	$K_{pž}=1$ $K_{pd}=1$	$K_{pž}=0$ $K_{pd}=0$	$K_{pž}=0$ $K_{pd}=1$	Ukupno
$V_{kž}=45,18$	0,00	3,33	4,70	24,77	12,29
$V_{kd}=52,22$					87,71

Istraživanja su takodje pokazala da na odnos učešća železničkog i drumskog saobraćaja na koridoru Beograd-Niš, socio-ekonomske aktivnosti nemaju značajnu ulogu. Čak se sa dovoljnom pouzdanošću ne može tvrditi da cena prevoza igra značajnu ulogu u opredeljenju putnika. Jedan od razloga je i trenutna situacija na tržištu transportnih usluga. Medjutim, pošto se situacija u našoj zemlji znatno menja za očekivati je uključenje i nekih socio-ekonomskih i troškovnih parametara u grupu važnih parametara koji utiču na vidovnu raspodelu na koridoru Beograd-Niš.

Ovako utvrdjene funkcionalne zavisnosti omogućuju da se izvrši prognoza vidovne raspodele na ovom koridoru.

6. PROGNOZA VIDOVNE RASPODELE NA KORIDORU BEOGRAD - NIŠ

U klasičnim metodama prognoziranja osnovna "mera" za prognoze je putovanje ili tokovi putnika i one se primenom sintetičkih, statističkih, heurističkih metoda računaju odnosno predvidjaju.

Nove generacije metoda za prognozu se baziraju na aktivnostima (preferenca, frekvencija, itd.) a putovanje predstavlja jednu od nekoliko opcija (načina) za zadovoljenje tih aktivnosti. Ovakav pristup omogućava da se u prognoze odnosno karakteristike aktivnosti uključuju nehomogenost populacija korisnika prevoza, vremenska neravnomernost i ograničenja u pogledu eksploatacije prevoza, različito trajanje putovanja, itd. Jedna od njih je metoda scenarija.

Prognoza vidovne raspodele na koridoru Beograd-Niš zasnovana je na scenariju promene elemenata kvaliteta prevozne usluge u železničkom i drumskom saobraćaju a koji su uslovljeni zadovoljenjem različitih zahteva korisnika usluge. Primenom binarnog logit modela za koridor Beograd-Niš su definisani elementi kvaliteta prevozne usluge koji su najbitniji i imaju najveći uticaj na preference putnika i njihov izbor i to su: prevoza putnika i potreba za presedanjem u toku putovanja.

Primenom metode scenarija na koridoru Beograd-Niš su definisani scenariji vidovne raspodele putnika koji se zasnivaju na sledećim karakteristikama sistema i promenljivih (elemenata kvaliteta prevozne usluge):

Scenario A:

Drumska infrastruktura na koridoru Beograd-Niš je savremena dok je železnička veoma zastarela. Zbog ujednačenih uslova privredjivanja logično je predpostaviti uskladjivanje njihovog stanja u budućnosti. To znači dovodjenje železničke pruge na nivo savremenih pruga Evrope odnosno ostvariti V_k izmedju 120 i 160 km/h. Prema ovom scenariju brzina putovanja putnika železnicom će se povećavati tokom vremena dok se u drumskom saobraćaju ne predvidjaju znatne promene za duži period pri čemu se uzimaju i u obzir mogućnosti presedanja kod oba vida prevoza ($V_{kž}$ ↗, V_{kd} = const.),

Scenario B:

U ovom slučaju se ne predvidja modernizacija železnice nego se favorizuje drumski saobraćaj. Očekuje se povećanje brzine u drumskom saobraćaju a zadržavanje postojeće na železnici. Pri ovom scenariju brzina putovanja putnika u drumskom raste a u železničkom saobraćaju ne pri čemu se uzimaju i u obzir mogućnosti presedanja kod oba vida prevoza ($V_{kž}$ =const., V_{kd} ↗),

Scenario C:

Ujednačavanje uslova rada drumskog i železničkog saobraćaja. To podrazumeva modernizaciju železničkog saobraćaja i dovodjenje drumskog na nivo savremenih drumskih saobraćajnica Evrope. Ovaj scenario ima nekoliko varijanti. Tako scenario C1 podrazumeva povećanje brzine putovanja putnika u železničkom i sporije povećanje brzine putovanja putnika u drumskom saobraćaju ($V_{kž}$↗, V_{kd} ↗). Scenario C2 podrazumeva modernizaciju železničkog (značajnije povećanje brzine putovanja putnika) i blagu stagnaciju drumskog saobraćaja ($V_{kž}$↗, V_{kd}↘). Scenario C3 podrazumeva potpuno napuštanje železnice (stagnaciju i opadanje brzine) a favorizovanje drumskog saobraćaja odnosno porast brzina ($V_{kž}$↘,V_{kd}↗).

Za scenarija A i B je uzeto da je "korak" promene brzine vidova saobraćaja 5 km/h. Kod scenarija C pristup je malo drugačiji. Tačne veličine koraka promene brzine prevoza putnika kod železničkog i kod drumskog saobraćaja, kada se one istovremeno menjaju, su najčešće uslovljene politikom ulaganja sredstava u date vidove odnosno strategijom njihovog razvoja. Ne mogu se tačno odrediti i najčešće nisu isti. Zato se u scenariju C, promene elemenata kvaliteta prevozne usluge prati preko razlike u brzinama izmedju ova dva vida.

Koristeći dobijene zavisnosti za brzine vidova saobraćaja i potrebe za presedanjem od polazne do krajnje stanice dobijeni rezultati za scenario A su dati u tabeli 3. Pri tome su razmatrani slučajevi kada na železnici nema presedanja ($K_{kž}$=0), ima presedanja ($K_{kž}$=1), odnosno u drumskom autobuskom saobraćaju nema presedanja (K_{kd}=0) i ima presedanja (K_{kd}=1).

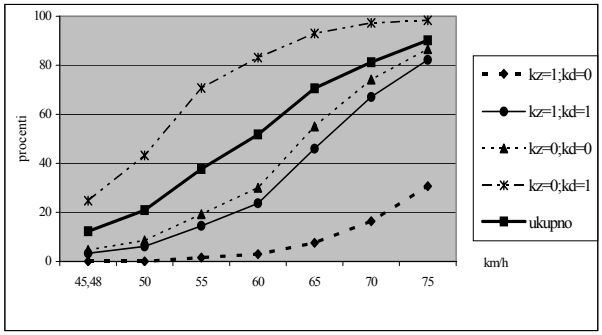
Iz podataka se vidi da je učešće železnice u prevozu putnika 24,77% u slučaju ako ostanu iste brzine za oba vida prevoza i postoji presedanja samo u drumskom saobraćaju. Tako loše stanje po železnicu će biti sve dok železnica ne dostigne brzine bliske drumskom saobraćaju i tada je taj odnos 43,22:56,78. Opredeljenje putnika za prevoz železnicom raste brže ukoliko na prevoznom putu železnicom nema presedanja i ako je odnos izmedju brzina veći i to u korist železnice. Već kod brzine od 55 km/h u železničkom saobraćaju taj odnos je 70,72% za železnicu. U slučajevima kada na železnici ima presedanja a u drumskom saobraćaju

nema procenat putnika koji će se opredeliti za železnicu je vrlo mali. Neki značajniji procenat putnika moguće je očekivati tek pri brzini od 75 km/h i on je tada 30,70%.

Tabela 3. Učešće železničkog u odnosu na drumski autobuski saobraćaj pri povećanju brzine prevoza putnika železnicom

	$V_{kž}$=45,48 V_{kd}=52,22	$V_{kž}$=50 V_{kd}=52,22	$V_{kž}$=55 V_{kd}=52,22	$V_{kž}$=60 V_{kd}=52,22	$V_{kž}$=65 V_{kd}=52,22	$V_{kž}$=70 V_{kd}=52,22	$V_{kž}$=75 V_{kd}=52,22
$K_{pž}$=0 K_{pd}=1	24,77	43,22	70,72	83,10	93,01	97,26	98,32
$K_{pž}$=0 K_{pd}=0	4,70	8,56	19,27	30,06	55,05	74,19	86,60
$K_{pž}$=1 K_{pd}=1	3,33	6,10	14,50	23,72	46,03	67,08	82,21
$K_{pž}$=1 K_{pd}=0			1,58	3,00	7,61	16,14	30,70
Ukupno	12,29	20,88	37,69	51,79	70,59	81,27	90,19

Učešće železničkog u odnosu na drumski autobuski saobraćaj pri povećanju brzine prevoza putnika železnicom predstavljen je dijagramom (slika 4.) gde se može videti eksponencijalna zavisnost izmedju preferenci putnika i porasta brzine prevoza u železničkom saobraćaju.



Slika 4. Učešće železničkog u odnosu na drumski autobuski saobraćaj u zavisnosti od povećanja brzine na železnici.

Prema scenariju B sa porastom brzine putovanja drumskim naglo opada interes za prevoz železničkim saobraćajem (tabela 4). Već sa povećanjem brzine putovanja autobusom na 55 km/h, što je porast u odnosu na sadašnju brzinu od samo 2,78 km/h, samo bi se oko 8,06% putnika opredelilo za putovanje vozom. Pri tome, u najpovoljnijoj situaciji za železnicu (kada nema presedanja na železnici a ima u drumskom saobraćaju), taj procenat iznosi 19,62%.

.Sa povećanjem brzine putovanja drumskim saobraćajem na 60 km/h železnica gubi gotovo sve putnike i u ukupnoj strukturi ostaje sa 2,2% učešća u prevozu. Ovakva vidovna raspodela je bila i za očekivati s obzirom da železnički saobraćaj već u današnjoj situaciji ima manju brzinu putovanja od drumskog.

Tabela 4. Učešće železničkog u odnosu na drumski saobra-ćaj pri povećanju brzine prevoza putnika autobusima

	$V_{kž}$=45,48 V_{kd}=52,22	$V_{ž}$=45,48 V_{kd}=55	$V_{kž}$=45,48 V_{kd}=60	$V_{kž}$=45,48 V_{kd}=65
$K_{kž}$=0, K_{kd}=1	24,77	19,62	9,2	4,21
$K_{kž}$=0, K_{kd}=0	4,70	2,25	1,0	
$K_{kž}$=1, K_{kd}=1	3,33	1,5		
$K_{kž}$=1, K_{kd}=0				
Ukupno	12,29	8,06	5,30	2,2

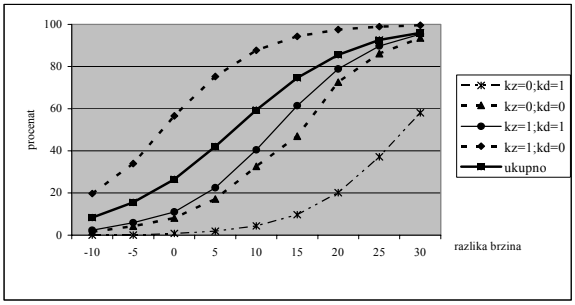
Za scenarijo (C) kada su brzine iste, razlika brzina izmedju ova dva vida je 0, ukupno se 26,47% putnika opredeljuje za putovanje železnicom, a u zavisnosti od postojanja ili nepostojanja presedanja ovaj procenat varira izmedju 56,56% i 0,8% (tabela 5). Kada je brzina putovanja železnicom veća za 5 km/h od brzine putovanja autobusom, ukupno se za prevoz železnicom opredeljuje 42,03% putnika, a u okviru toga izmedju 75,29% i 1,93% u zavisnosti od postojanja presedanja na železnici. Već kad je razlika u brzini putovanja 20 km/h preko 85% putnika se opredeljuje za železnicu a kada ima presedanja na železnici on iznosi 20,17%. Kada je razlika 30 km/h, 96% putnika se opredeljuje za prevoz železnicom. Tako visok odnos jedino nije prisutan u varijanti kada na železnici ima presedanja a u drumskom nema i on je 58,03%.

Tabela 5. Raspodela izmedju železničkog i drumskog saobraćaja u zavisnosti od promene brzine putovanja putnika

Razlika	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
$K_{pž}$=0 K_{pd}=1	19,74	33,96	56,56	75,29	87,69	94,34	97,50	98,92	99,53
$K_{pž}$=0 K_{pd}=0	2,31	5,9	11,05	22,51	40,47	61,40	78,82	89,70	95,32
$K_{pž}$=1 K_{pd}=1	1,6	4,2	8,10	17,14	32,60	46,90	72,59	86,10	93,50
$K_{pž}$=1 K_{pd}=0	//	//	0,80	1,93	4,41	9,74	20,17	37,15	58,03
Ukupno	8,30	15,57	26,47	42,03	59,35	74,62	85,55	92,62	96,00
	-7,27	-10,9	//	15,56	17,32	15,27	10,93	7,07	3,38

Kada su brzine putovanja u drumskom saobraćaju veće za 5 km/h od železničkog ukupno se 15,57% putnika opredeljuje za putovanje železnicom. Već pri ovoj razlici brzina i pri postojanju presedanja u železničkom saobraćaju železnica gubi gotovo sve putnike. Sa povećanjem razlike brzina na 10 km/h železnica u ukupnoj strukturi prevoza

ostaje sa 8,30% učešća sa tendencijom gubitka putnika pri varijanti kada ima presedanja kod oba vida prevoza. Dobijene varijante raspodele su prikazane na slici 5.



Slika 5. Vidovna raspodela u zavisnosti od promene brzine putovanja putnika

Praktična primena definisanih scenarija posebno je značajna za utvrdjivanje tehničke brzine u putničkom železničkom saobraćaju za koju treba graditi pruge i ostale komponente kapaciteta da bi se obezbedila takva brzina prevoza koja bi privukla najveći broj putnika sa drumskog putničkog saobraćaja. Može se primetiti da su za sada brzine na železnici još uvek nedovoljne da bi se poboljšao kvalitet prevoza. Pored stanja pruge i najveći deo voznih sredstava ne zadovoljava savremene kriterijume pa su jedan od ograničavajućih faktora povećanja brzine prevoza.

Svi ovi scenariji su zasnovani na uporedjenju elemenata kvaliteta prevozne usluge autobuskog i železničkog saobraćaja. Razlog za to je: brzina autobuskog saobraćaja je najpribližnija brzini železničkog saobraćaja pa je za očekivati da će železnica prvo privući putnike sa autobuskog saobraćaja, zatim železnica je prvenstveno vid saobraćaja kojim se prevoze značajni tokovi putnika a u drumskom saobraćaju su to autobusi, itd.

7. ZAKLJUČAK

Analizom stanja železničkog i drumskog saobraćaja na koridoru Beograd-Niš uočena je neophodnost promene tehničkog stanja železničkog i drumskog saobraćaja odnosno celokupnog saobraćajnog sistema da bi se smanjilo zaostajanje u odnosu na okruženje. Primenom disagregatnog modela vidovne raspodele saobraćaja definisani su elementi kvaliteta prevozne usluge koji su najbitniji i najviše utiču na izbor vida prevoza na koridoru Beograd-Niš. Primenom različitih scenarija promene elemenata kvaliteta prevozne usluge ovih vidova saobraćaja praktično je dat putokaz za razvijanje i razmatranje mogućih varijanti stanja saobraćaja na saobraćajnom tržištu koridora Beograd - Niš.

Na osnovu sprovedenih istraživanja najupečatljiviji zaključak koji se može izvesti je da je danas na koridoru Beograd – Niš odnos u putničkom železničkom i drumskom saobraćaju takav da je železnica na ivici egzistencije. Egzaktni podaci pokazuju da dalje stagniranje železnice (opadanje brzine prevoza) uz zadržavanje postojećih brzina u drumskom saobraćaju znači potpuno gubljenje putnika na železici.

Prema dobijenim rezultatima, da bi se sa svim podsistemima drumskog saobraćaja (autobusi, ekspresni autobusi, automobili) preko 80% putnika prevozilo železnicom na koridoru Beograd-Niš, potrebno je podići brzinu putovanja putnika na 100 km/h. Ako bi se brzina podigla na samo 80 km/h tada bi preko 90% putnika iz autobusa prešlo na železnicu, ali bi u isto vreme samo 31,27% putnika iz automobila prešlo na železnicu. Da bi se postiglo i privlačenje većeg broja putnika koji koriste sopstveni automobil na železnicu neophodno je podići brzinu putovanja putnika na 160 km/h.

LITERATURA

[1] Andjelković P.: "Istraživanje zavisnosti izmedju zahteva tržišta i tehnološkog razvoja železnice", doktorska disertacija, Saobraćajni fakultet, Beograd,1992.

[2] Keys C. E., Bennett W. D.: "An analitical approach to sketch planning in suburban railways", Transportation planning and technology, Vol.11, pp 289-298, 1987.

[3] Nijkamp P. & all : " Modelling inter-urban transport flows in Italy: A comperison between Neural Network analysis and Logit Analysis", Transportation Research C, Vol. 4, No. 6, pp 323-338, 1996.

[4] Ortuzar J. de D., Willumsen L.G.: Modeling Transport, John Wiley & Sons Ltd., 2001.

[5] Sargious A.M., Tam S.L.T., " Data disaggregation procedure for calibrating a logit model for intercity goods movement", Transportation planning and technology, Vol.10, pp 165-175, 1985.

[6] Spear D. B., " New approaches to transportation forecasting models - A synthesis of four research proposals", Transportation, Vol.23,pp.215-240,1996.

[7] "Strategija i politika razvoja saobraćaja Republike Srbije do 2010.godine", Ministarstvo Saobraćaja i veza, Beograd, 1998.

MODEL AND FORECAST OF MODAL SPLIT IN PASSENGER TRAFFIC AT CORRIDOR BEOGRAD-NIŠ

Mirjana Stevanović, Predrag Jovanović

Abstract - *Corridor Belgrade-Niš belongs to Corridor X and represent one of main routes of the traffic network of Serbia and Montenegro. Dominant modes of transport at the corridor Belgrade-Niš are railway and road. This paper defines most essential quality elements of transportation service which have most effect in choosing of transport mode, using disaggregate modal-split. In traffic changes are permanently present as reflection of technical and technological parameters changes in the transportation modes itself, so prediction of modal-split has been done as well, based on scenario of changing quality of service in observed modes, as requirements for satisfaction diferent users demands.*

Key words – transport planning, logit model, modal split, forecast, railway

МОГУЋНОСТИ ВОЗОВА СА НАГИЊАЊЕМ НА ПРУЗИ БЕОГРАД-БАР

Александар Радосављевић [1]

Резиме - *Тенденција повећања брзина изградњом нових пруга за велике брзине и адаптацијом постојећих, која се јединствено испољава код готово свих железничких управа, поставља перманентни проблем избора одговарајућих возила. Међутим, при избору нових решења потребно је, пажљивом анализом свега што се притом добија и губи, указати на она оптимална решења која ће задовољити тешке услове одређене експлоатације. Прошло је тачно 30 година од пуштања у саобраћај првог воза серије ETR401 са нагињањем сандука кола који омогућава повећање брзине и скраћење времена вожње и на постојећим пругама. У раду су приказани неки од савремених дизел и електричних моторних возова са техником нагињања сандука кола, као и одговарајућа испитивања у Хрватској и Словенији и шире у Европи са овим возним средствима. Приказан је специфични отпор пруге Београд - Бар и процењене могућности смањења времена путовања возова са нагињањем сандука кола на овој релацији коришћењем савремених возова са нагињањем сандука кола у кривинама.*

Кључне речи: железница, возови са нагињањем, време вожње, основни отпор

1. УВОД

Тенденција повећања брзина изградњом нових пруга за велике брзине и адаптацијом постојећих, која се јединствено испољава код готово свих железничких управа, поставља перманентни проблем избора одговарајућих возила. То питање је утолико значајније што савремени развој технике и технологије омогућује низ нових решења, доскора тешко замисливих. Међутим, при избору нових решења потребно је, пажљивом анализом свега што се притом добија и губи, указати на она оптимална решења која ће задовољити тешке услове одређене експлоатације.

Железничка мрежа у свету је махом израђена у 19. веку па су трасирање и конструкција пруге били тесно повезани са структуром терена и протезале се са конфигурацијом земљишта. Због тога је пројектовано много кривина од којих је добар број са малим полупречником који ограничава брзину кретања возова. И поред тога, такве пруге су дуже време задовољавале захтеве саобраћаја. Међутим, развојем конкурентних саобраћајних грана (ваздушног и друмског) повећање брзине на железници и смањење времена путовања могла су се остварити углавном на реконструисаним и новоизграђеним пругама. Али, почела су истраживања и на примени јевтинијих техничких решења која омогућују повећање брзина и скраћење времена вожње и на постојећим пругама. То је техника нагињања сандука кола у кривини. Прошло је тачно 30 година од пуштања у саобраћај првог воза серије 401 са нагињањем сандука кола.

Познато је да се брзина железничких возила у кривинама може повећати око 25%, без угрожавања комфора путника, ако се врши нагињање сандука кола. Ово подразумева надвишење спољне шине од 150mm, као и активан систем нагињања сандука кола који је способан да нагне сандук кола до 8°. Опште речено у свету је тренд од хидрауличног ка електромеханичком погону система за нагињање.

2. СКРАЋЕЊЕ ВРЕМЕНА ВОЖЊЕ И ВОЗИЛА СА НАГИЊАЊЕМ

Воз са нагињањем VT612, фирме Bombardier, припада трећој генерацији дизел-моторних возова са нагињањем који су рађени за Немачке железнице (DB). Прва серија од 20 возова серије VT610 почела се производити 1992. године. Друга серија VT611 рађена је од 1997. до 1998. године. Направљено је 50 возова друге серије. До сада су за потребе DB испоручена 192 воза треће генерације VT612 (табела 1). Побољшања серије VT612 у односу на серију VT611 односе се на уређење ентеријера, промене на мотору, управљачници, нивоу буке. Хрватске железнице (HŽ) су наручиле осам возова серије VT612 (RegioSwinger), а планирају да набаве још 5 четворо или петоделних гарнитура с електричном вучом.

Ови дизел-моторни возови саобраћају на пругама са доста кривина јужне и источне Немачке и на кривинама, применом технике нагињања, постижу до 30% веће брзине, што у многим случајевима значи скраћење времена путовања за 20 до 30% [1].

Конфигурација воза је таква да се могу састављати до четири гарнитуре помоћу аутоматског квачила. У једној композицији су 134 седишта. Возила имају активну електричну нагибну технику која допушта вожњу већим брзинама у кривинама. Максимална брзина воза је 160km/h. Највећи могући угао електронски контролисаног нагињања је 8°, а брзина нагињања је 4° у секунди. Нагињање колског сандука обавља се на основу попречног убрзања у равни колосека, добијеног преко сензора, на које утичу полупречник кривине и брзина. Прилагођавања сигнализације, односно инфраструктуре, неопходна су само због веће брзине.

[1] др Александар Радосављевић, дипл.маш.инж, научни сарадник,
Саобраћајни институт ЦИП, Немањина 6, 11000 Београд aradosav@eunet.yu

Табела 1. Возови са нагињањем на DB

Серија	610	611	612	411	415	605
Кинематски профил	UIC 505	UIC 505	UIC 505	UIC 505	UIC 505	UIC 505
Максимална брзина [km/h]	160	160	160	230	230	200
Најмањи полупречник кривине [m]	125	125	125	150	150	150
Распоред осовина	2'(A1)'+ (1A)'(A1)'	2'B'+B'2'	2'B'+B'2'	2'2'+(1A)'(A1)' +(1A)'(A1)'+2' 2'+(1A)'(A1)'+ (1A)'(A1)'+2'2'	(1A)'(A1)'+2'2' +(1A)'(A1)'+ 2'2'+(1A)'(A1)'	2'Bo'+Bo'2'+2' Bo'+Bo'2'
Максимални угао нагињања	8°	8°	8°	8°	8°	8°
Укупна дужина преко квачила [mm]	51 750	51 750	51 750	185 000	136 000	106 700
Максимална ширина [mm]	2852	2852	2852	2842	2842	2842
Висина пода изнад ГИШ-а [mm]	1290	1290	1290	1250	1250	1250
Пречник точка нов/истрошен [mm]	890/840	890/840	890/840	890/840	890/840	860/790
Број седишта						
1. класа	16	23	24	53	41	41
2. класа	114	112	122	304	209	148
преклапајућа	6	13	12	3	3	6
у ресторану	-	-	-	24	-	-
Маса празног воза [kg]	91 100	98 000	98 000	367 000	273 500	217 000
Максимално осовинско оптерећење [t/os.]						
- погонске осовине	14,2	14,7	14,2	16,3	16,3	14,5
- слободне осовине	14,5	14,9	14,6	16,8	16,8	14,5
Снага [kW]	2x485	2x540	2x560	4000	3000	4x560
Дизел мотор						
- произвођач	MTU	MTU	Cummins	-	-	Cummins
- тип	12V183TD12	12V183TD12	QSK 19			QSK 19
Пренос снаге	електрични	хидраулички	хидраулички	-	-	електрични
Управљање возилом	SIBAS 16	Geatrac II	MITRAC	SIBAS 32	SIBAS 32	SIBAS 32

У развоју дводелног воза серије VT610 посебна пажња је била посвећена лакој конструкцији због жеље да се постигне ниже осовинско оптерећење. Због тога је сандук кола израђен од дугачких алуминијумских профила. Цела опрема за нагињање (обртна постоља и активни хидраулички уређаји за нагињање) су купљени од фирме Fiat Ferroviaria и одговарају опреми која је инсталисана на Pendolino возу ETR450 [2]. Од 1993. године воз саобраћа око градова Нирнберг, Бајрот, Хоф, Вејден и Швандорф. У поређењу са класичним возовима без нагињања време путовања је скраћено до 21%.

На прузи немачких железница, између станица Нирнберг и Хоф, извршено је 1992. године упоређење времена вожње најбржег воза и дизел-моторног воза серије VT610. Са возом VT610 постигнуто је време вожње 1h40min. (просечна брзина 96km/h) што је за 30min. краће од тада најбржег воза (просечна брзина 74km/h). Дакле, брзина је повећана за 29%, а време вожње је смањено за 23%.

Прототип Pendolino возова са нагињањем сандука кола се појавио 1975. године из фабрике Fiat (табела 2). Воз серије ETR401 је пуштен у комерцијални саобраћај 1976. године на релацији Рим-Анкона. Воз је после почетног периода експлоатације повучен из саобраћаја и коришћен само за испитивања. Пендолино воз серије ETR450 је у комерцијалном саобраћају од јуна 1988. године на релацији Милано-Рим, а воз серије ETR460 од 1995. године. У наредне три године пуштени су у комерцијални саобраћај и возови серија 470 и 480. Први од седам тросистемских Pendolino возова S860, за Чешке железнице (ČD), испоручен је средином 2003. године, а средином 2004. године ће се пустити у редован саобраћај први воз на релацији Праг-Брно-Брецлав. У међународном саобраћају овај воз ће се појавити тек са редом вожње за 2005. годину на релацији Дрезден-Беч и Праг-Беч. Први од три воза серије SZ 310 за Словеначке железнице (SZ) пуштен је у комерцијални саобраћај 24.09.2000.године на релацији Љубљана - Марибор.

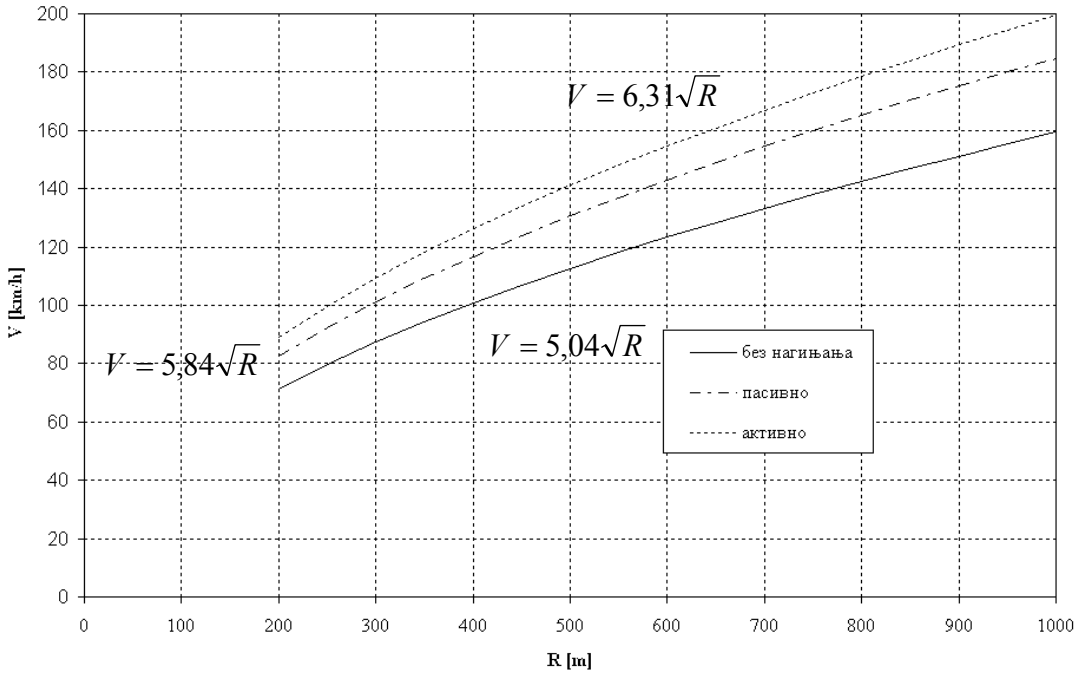
На слици 1 приказана је зависност максималне дозвољене брзине воза са нагињањем од полупречника кривине за разне системе нагињања сандука кола. Максимална дозвољена брзина воза, са пасивном техником нагињања као код система TALGO, је за око 15% виша, а са активном техником нагињања као код возова фирме Bombardier је за око 25% виша него код возова без технике нагињања.

Шведске железнице (SJ) су се одлучиле за увођење великих брзина на главним релацијама увођењем возова са нагињањем на постојећим реконструисаним пругама. Одлука је донешена 1986. године, а већ 1990. године израђен је прототип електромоторног воза са активним системом нагињања сандука кола серије X2000. Максимални угао нагињања је 6,5^{o}, а максимална брзина нагињања 4^{o} у секунди. Механизам за нагињање се активира преко компјутером контролисаног акцелерометра на првој приколици. Опште говорећи, нагињање иницира центрифугална сила преко сензора на водећем обртном постољу. Од сензора сигнал иде у компјутер који у зависности од актуелне брзине воза израчунава када и колико треба свака приколица у возу да се нагне. Активним системом нагињања смањује се центрифугална сила за 80%, а систем се искључује при брзини испод 70km/h. Према резултатима испитивања, брзина у кривинама се

може повећати за 25-30% у односу на класичне возове. На релацији Стокхолм-Гетеборг скраћено је време вожње са 4h13min. на 2h54min. (за 31%) вожњом воза X2000 уместо класичног IC воза, а на релацији Стокхолм-Малме са 6h28min. на 4h36min. (за 29%) [3].

Табела 2. Pendolino возови са нагињањем сандука кола

Серија	FS ETR 450	FS ETR 460	VR S 220	CFF/SBB ETR 470	FS ETR 480	CD S 860	SZ SZ 310
Систем напајања	3 kV DC	1,5/3 kV DC	25 kV AC	3 kV DC 15 kV16$^2/_3$ Hz	1,5 kV DC 25 kV AC	3 kV DC 15kV16$^2/_3$ Hz 25 kV AC	3 kV DC
Максимална брзина [km/h]	250	250	220	200	250	230	200
Макс. снага на ободу точка [kW]	5000	5880	3880	5880	5880	4000	1960
Маса воза у радном стању [t]	435	483,8	325,8	498	460	364,4	152
Дужина воза [m]	183,6	236,6	158,9	236,6	236,6	185,3	81,2
Састав воза	8M+1P	6M+3P	4M+2P	6M+3P	6M+3P	4M+3P	M+P+M
Број седишта	386	478	262	473	478	312	166
Просечно осовинско оптерећење [t/os.]	12,5	13,5	13,6	13,9	13,5	13,5	12,6



Слика 1. Максимална брзина воза кроз кривине

Вожњом воза Pendolino ETR450, на релацији Рим-Милано 1988. године, постигнуто је чисто време вожње без заустављања 3h50min. (просечна брзина 156km/h) уместо 4h55min. (просечна брзина 122km/h) колико је до тада постизао најбржи Интерсити воз. Дакле, брзина је повећана за 28%, а време вожње је смањено за 22%.

На релацији Милано-Женева извршена је симулација вожње Pendolino возом и упоређење са тада најбржим Еуросити возом. Симулирано време вожње Pendolino воза износило је 3h (просечна брзина 123km/h), а време Еуросити воза 4h (просечна брзина 92km/h). Дакле, брзина је повећана за 33%, а време вожње је смањено за 25%.

2.1. Испитивања у Словенији

У Словенији су током 1989. године извршене пробне вожње на релацији Љубљана-Јесенице са возом Pendolino серије ETR401 [4]. Циљ је био сагледавање могућности саобраћаја ових возова на постојећим пругама тадашњег ЈЖ-а. После извршених пробних вожњи дошло се до следећих закључака:

- проба је показала исправност концепта Pendolino за повећање брзина на постојећим пругама,
- достигнути резултати су бољи од очекиваних,
- са становишта путника вожња је била удобна,
- пруга Љубљана-Јесенице је способна за вожњу ових возова са некомпензованим бочним убрзањем од 2,0m/s^2, с тим да се отклоне извесни недостаци на неким деловима пруге (скретнице и кривине),
- скраћење времена путовања возом серије 401 уместо класичном вучом износило је 22%, а просечно повећање брзине 33%.

На основу извршених мерења и прорачуна, применом воза са нагињањем сандука кола серије 450, дошло се до закључка да је могуће постићи комерцијалну брзину на најтежим пругама према мору од око 100km/h, а на осталим пругама око 105-110km/h, укључујући по једно заустављање воза у просеку на око 70-90km. Приликом пробне вожње на релацији

Љубљана-Јесенице постигнута је комерцијална брзина од 110km/h. У табели 3 приказана су прорачуната времена путовања за воз серије 450 и тада важећа времена путовања по реду вожње 1990/1991. Као што се види могуће скраћење времена путовања је максимално до 40%.

Данас, на релацији Љубљана-Марибор, Pendolino возови серије SZ 310 словеначких железница остварују просечну комерцијалну брзину од око 88km/h иако су пројектовани за максималну брзину од 200km/h.

Табела 3. Прорачуната времена путовања Pendolino возова у бившој Југославији

Пруга	Дужина [km]	Време путовања - најбржи воз -	Време путовања - 450 -	Могуће скраћење [%]
Загреб - Ријека	228,7	3h 45min.	2h 22min.	36,9
Загреб - Сплит	392,6	6h 41min.	4h 03min.	39,4
Сарајево - Плоче	193,2	2h 36min.	1h 59min.	23,7
Београд - Бар	469,8	6h 53min.	4h 50min.	29,8

2.2. Испитивања у Хрватској

На пробној вожњи од Загреба до Сплита, који су пругом удаљени 420km, RegioSwinger је током 2000-те године возио 5,25h, а стандардно време вожње класичне вуче је 7,17h. Уз модернизацију пруге VT612 би могао возити, према извршеним симулацијама, 4,13h. Дакле, просечну комерцијалну брзину од 58,6km/h је могуће подићи на 80 тј. 101,7km/h. Од Загреба до Ријеке (230km) редовни воз вози 3,29h. На пробној вожњи током 2000-те године воз са нагињањем је постигао време вожње од 2,35h, а уз модернизацију пруге време вожње би могло бити 2,12h [5]. Дакле, просечну комерцијалну брзину од 69,9km/h је могуће подићи на 97,9 тј. 108,5km/h.

3. ПРУГА БЕОГРАД - БАР

Пруга Београд-Подгорица-Бар је пројектована као једноколосечна пруга, са минималним полупречником хоризонталних кривина R_{min}=300m, за брзине од 80-120km/h и за осовинско оптерећење од 22,5t. Меродавни успон у смеру ка мору је 18‰, у супротном смеру на деоници Подгорица-Колашин 25‰, а на осталом делу 18‰. На релацији Ресник-Подгорица (405,1km) преко 20% пруге лежи на нагибу од 10 до 20‰ (од тога преко 12% на нагибу од 15 до 20‰), а око 20% пруге је на паду од -10 до -25‰ (од тога 8% на паду од -20 до -25‰). Око 56% пруге лежи у кривинама, а 44% у правцу, тј. преко 37% дужине пруге је у кривинама чији је минимални полупречник R_{min}≤500m, а 12% пруге је са R_{min}=300m. Пруга Ресник-Подгорица-Бар има закривљеност од 57,6% [6].

На релацији Београд-Бар, према реду вожње 2003/2004, најкраће време путовања износи нешто мање од 8h што значи да се остварује просечна комерцијална брзина од око 59km/h. Према реду вожње из 1990/1991. године просечна комерцијална брзина је износила око 68km/h, а применом воза са нагињањем сандука кола серије ETR450 прорачуната је просечна комерцијална брзина од око 97km/h.

3.1. Додатни отпор кретања пруге Београд - Бар

У току кретања на воз делују отпори кретања воза који потичу од нагиба, кривина пруге и тунела. Сви ови отпори се могу одредити из грађевинског уздужног профила пруге који постоји за све деонице пруге. Уколико се воз представи материјалном тачком, у којој је сконцентрисана његова целокупна маса, тада се додатни отпор пруге може одредити на основу следећег емпиријског обрасца:

$$F_R^{dod}(s) = m_v \cdot \left[i(s) + \frac{C_0}{R(s) + R_0} \right] \qquad (1)$$

где су: $F_R^{dod}(s)[daN]$-додатни отпор воза у зависности од места на прузи сведен на материјалну тачку, $m_v[t]$-укупна вучена маса воза, $i(s)[‰]$-нагиб трасе пруге на одређеном месту на прузи, $R(s)[m]$-полупречник кривине на одређеном месту на прузи, C_0 и R_0-емпиријске константе (на ЈЖ-у су усвојене следеће вредности: $C_0 = 650$ и $R_0 = -55$). Основном додатном отпору $F_R^{dod}(s)$ одговара специфични додатни отпор :

$$f_R^{dod} = \frac{F_R^{dod}}{m_v} [daN/t] \qquad (2)$$

Аргумент *с* означава стационажу пруге, а функције $i(s)$ и $R(s)$ представљају уздужни профил пруге.

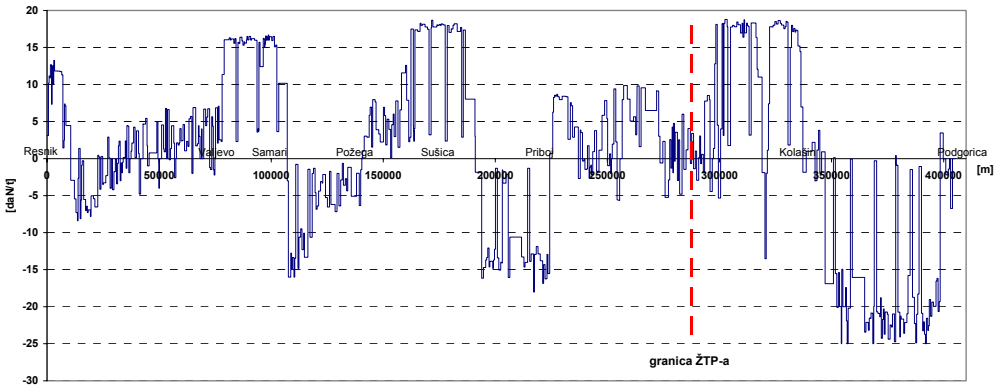
На слици 2, као и у табелама 4 и 5, дат је специфични додатни отпор пруге Београд - Бар да би се стекао увид у тежину ове пруге и њене могућности за саобраћај возова са нагињањем сандука кола.

Табела 4. Смер Ресник-Бар

Релација	Растојање	Просечни специфични отпор пруге
	[km]	[daN/t]
Ресник - Пожега	140,810	2,236
Пожега - гр.ЖТП-а	146,628	2,623
Ресник - гр.ЖТП-а	*287,438*	*2,433*
гр.ЖТП-а - Подгорица	117,662	-3,25
Подгорица - Бар	49,737	-0,338
гр.ЖТП-а - Бар	*167,399*	*-2,385*
Ресник - Бар	***454,837***	***0,66***

Табела 5. Смер Бар-Ресник

Релација	Растојање	Просечни специфични отпор пруге
	[km]	[daN/t]
Бар - Подгорица	49,737	1,218
Подгорица - гр.ЖТП-а	117,662	5,311
Бар - гр.ЖТП-а	*167,399*	*4,095*
гр.ЖТП-а - Пожега	146,628	-0,772
Пожега - Ресник	140,810	-0,767
гр.ЖТП-а - Ресник	*287,438*	*-0,769*
Бар - Ресник	***454,837***	***1,021***



Слика 2. Специфични отпор пруге Београд (Ресник) - Бар

4. ЗАКЉУЧАК

Применом технике нагињања код дизел-моторних возова серија VT610, 611 и 612, који саобраћају на пругама јужне и источне Немачке са доста кривина, постижу се до 30% веће брзине и скраћење времена путовања за 20 до 30%.

Вожњом воза X2000 са нагињањем сандука кола на шведским железницама скраћено је време вожње на релацији Стокхолм-Гетеборг за 31%, а на релацији Стокхолм-Малме за 29%.

Испитивањем Pendolino возова серије 401 у Словенији постигнуто је скраћење времена путовања на релацији Љубљана-Јесенице за 22%, а просечно повећање брзине од 33%.

Просечна комерцијална брзина Pendolino возова SZ310 на релацији Љубљана-Марибор износи 88km/h.

На пробним вожњама у Хрватској са возом серије VT612 постигнуто је скраћење времена вожње на релацији Загреб-Сплит од 27%, а на релацији Загреб-Ријека 29%.

Применом воза са нагињањем Pendolino серије 450 могуће је, по прорачунима, скратити време путовања за скоро 30% уколико се пруга Београд-Бар врати у стање из 1990/91 године (време путовања је 2003/2004 продужено 15% у односу на ред вожње 1990/1991). Сви прорачуни показују да се на тешкој брдско-планинској прузи, као што је пруга Београд-Бар, може постићи максимална комерцијална брзина око 100km/h што потврђују пробне вожње на сличним пругама (Загреб-Сплит, Загреб-Ријека, Љубљана-Јесенице, Љубљана-Марибор) у бившим југословенским републикама. То значи да се, применом најсавременијих возова са нагињањем сандука кола и одређеним - разумним - интервенцијама у саму пругу, може очекивати да се на прузи Београд-Бар постигне време путовања максимално између 4,30 и 5h. Наведене резултате могуће је остварити без реконструкције тј. измене геометријских параметара трасе, под условом да пруге буду одржаване у технички исправном стању и да СС и ТК уређаји и контактна мрежа не умањују брзине које пруга дозвољава.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Uwe Wulf: "Породица моторних возова Талент и дизел воз с техником нагињања "RegioSwinger" фирме Bombardier Transportation у регионалном железничком саобраћају", Железнице, број 3-4, 73-80, (2002).

[2] Volker Kottenhahn: "The Tilting Trains Operated by Deutsche Bahn", Railway Technical Review, No 3-4, 24-35, (2000).

[3] СИ ЦИП: "Методологија избора возних средстава за пруге великих брзина - Књига II - Електромоторни возови и путничка кола за велике брзине", Београд, (1996).

[4] Институт за саобраћај Сарајево: "Студија подобности увођења возова Пендолино у саобраћај на ЈЖ", Сарајево, (1991).

[5] Б. Бутковић: "Прва вожња нагибног влака за Хрватску", Жељезничар, (2004).

[6] Душан Милутиновић, Александар Радосављевић: "Термичко оптерећење моноблок точка железничког возила коченог папучама у експлоатацији на југословенским пругама", Железнице, бр. 1-2, 30-39, (2000).

TILTING TRAINS POSSIBILITIES AT THE BELGRADE-BAR LINE

Aleksandar Radosavljević

Abstract - *Increasing the speed tendency by construction new high-speed and upgrading existing lines, which unique demonstrate at almost all railway companies, set permanent problem choice between appropriate vehicles. However, during choice new solutions it is necessary by considerate analysis everything that is obtained and lose to point out optimal solutions which will satisfy certain difficult operation conditions. Thirty years have gone by puting first tilting train series ETR401 in operation which enable increasing the speed and shortening running times also at existing but technically modernised lines. The paper show some of modern diesel and electric tilting trainsets as well as appropriate tests with this rolling stock in Croatia, Slovenia and wide in Europe. Specific basic resistance of Belgrade-Bar line is presented and estimated possibilities of shortening running times using modern tilting trains at this line.*

Key words: railway, tilting trains, running time, basic resistance

XI ŽELKON '04
RAILCON '04
2004

PRIMENLJIVA ISKUSTVA EVROPSKIH ZEMALJA U NAČINU I ORGANIZACIJI RADA NA IZDAVANJU PREVOZNIH ISPRAVA

Emina Đurđević[1]

Rezime *- Korišćenje elektronske prodaje karata u javnom saobraćaju rapidno raste zahvaljujući prednostima sistema u smislu lakog i jednostavnog korišćenja, eksploatacionih troškova, sigurnosti prenosa, suzbijanje prevara i usklađenosti sa pametnim kartama. Restruktuiranje prodajne mreže na Železnicama Srbije i povezivanje sa ostalim evropskim sistemima prodaje karata i rezervacije mesta, mora se što brže započeti i u što kraćem periodu prodajnu mrežu dovesti na nivo da se sledeći novi sistemi mogu brzo, jeftino i kvalitetno proširivati i osavremenjivati, onom dinamikom koja je svojstvena razvijenim železnicama EU.*

Ključne reči - železnica ,inteligentne kartice,profit

1. UVOD

Svet železnica se suočava sa periodom krupnih promena, izazvanih političkim pritiskom za većom komercijalizacijom i uvođenjem konkurencije. Širom sveta železnice su počele da menjaju svoj status od državnih institucija ka preduzećima usmerenim na poslovanje. Ovom procesu se različito pristupa i on se odvija različitom brzinom u svakoj državi u skladu sa početnim stanjem i političkom voljom.

Kad je reč o Evropskim železnicama, na promene dodatno utiče cilj EU da stvori jedinstveno, konkurentno tržište za železnički saobraćaj. Nove tendencije razvijaće se u tri glavne sfere:

* *Uvođenje tržišnih faktora. To ne podrazumeva samo otvaranje tržišta za železničke usluge, već i stvaranje uslova za delovanje tržišnih faktora.*

* *Unapređenje javnih usluga. Krupan napredak u kvalitetu javnog prevoza je nužan ako građani hoće da imaju realnu alternativu privatnom automobilu.*

* *Omogućavanje odvojenim subjektima nacionalnih železničkih sistema da svojim korisnicima pruže sliku celovite usluge.*

Da bi pobedila u konkurenciji sa drugim vidovima saobraćaja, železnička preduzeća moraju raditi zajedno na uklanjanju brojnih prepreka jasno opisanih u UIC Planu železnice. Ključni problem je stalno opadanje učešća železnice na tržištu. Rešenje je u tome da se transformišu železnička preduzeća u poslovna preduzeća koja posluju na realnom tržištu. To zahteva nezavisnost, sredstva i inicijative za promenu, a preduzeća takođe treba da imaju pravo da posluju izvan svoje zemlje i da tako razviju konkurentne međunarodne službe.

Bez saradnje, železnički sektor u celini neće biti konkurentan u odnosu na druge vidove **saobraćaja**

Železničko poslovanje mora se osloniti na mreže koje nude bezbednost, pouzdanost, raspoloživost i efikasnost. Mreže nove generacije moraju ponuditi mogućnost pristupa svakom priključenom korisniku (korisnik, aplikacija, komjuter). Za neke usluge, mnoge kompanije i organizacije prelaze na ***virtuelnu privatnu mrežu***, koja može ponuditi sigurnu razmenu između određenih partnera zasnovanu na standardnim tehnologijama.

Tokom 2002. Mreža podataka Evropske železnice (mreža Hermes) prelazi na virtuelnu Privatnu Mrežu velike brzine koja je jeftinija od prethodne X25 mreže, radi većom brzinom i s većom mogućnošću priključivanja.

odnosno, saradnja između železnica je preduslov za održivu i stabilnu konkurenciju u saobraćajnom sektoru.

Brzi razvoj IT i telekomunikacionih tehnologija (ITC) stvara novo i izazovno okruženje sa direktnim uticajem kako na poslovanje železnica tako i na razvoj novih međunarodnih IT sistema.

Veliki je izazov za železnice je da organizuju multi-modalnost. Za prevoz putnika, kao i za teretni sektor, železnički soabraćaj treba da se upotpuni uz pomoć drugih sredstava (avion, autobus, taksi i rent-a-car za putnike, i avion, kamion i brad za teret). Osim fizičkih aspekata, integracija ovih vidova, na zahtev korisnika, obaviće se kroz informacione sisteme.

Ubuduće, *svako saobraćajno preduzeće će morati da pruža objedinjene usluge širom sveta* (na primer prodaja avionske karte u kombinaciji sa voznom kartom i hotelskom rezervacijom). Na robnom tržištu, prevoz je samo jedan deo celokupne usluge koju prodavac treba da ponudi (uključujući logistiku, informisanje o trenutnom stanju saobraćaja, izdavanje karti, itd)

Takođe će biti potrebno učini dostupnijom izdavanjem karti i logistikom preko komplementarnih sobraćajnih preduzeća.

Za pružanje takvih usluga, železničke kompanije će morati da povežu svoje informacione sisteme sa sistemima svojih partnera.

Da bi železnice bile prihvaćene kao poslovni parteneri, železnički IT sistemi moraju imati odgovarajući nivo kvaliteta i bezbednosti i moraju se zasnivati na opštim standardima.

Drugo pitanje koje utiče na strategiju železnice je pojava Interneta kao opšteg dobra. Jasno je da će mogućnost pristupa železničkim proizvodima putem "Mreže" postati standardni metod distribucije, iako Internet ne može biti rešenje za sve komunikacije.

[1]Emina Đurđević,dipl.ing.saob. SICIP Beograd, Nemanjina 6, djemina@yahoo.com

Tokom poslednje decenije međunarodni saobraćaj se sukobljava sa rekordnim izazovima. Jedna od posledica je da su RU sve više primorane da posluju na komercijalan i konkurentan način. Međunarodna železnička saradnja je ozbiljno ugrožena ovim dvema tendencijama. Uprkos ovim preprekama, postoji napredak u zajedničkim IT projektima, posebno za vozne redove, tarife, distribuciju i izdavanje karti (inteligentne kartice).

Da bi se uklopili u evropske trendove, u toku je restruktuiranje ŽTP-a "Beograd" u poslovno preduzeće koje će poslovati na realnom tržištu. U taj kontekst uklapa se i restruktuiranje prodajne mreže. Zastareli i nefunkcionalni sistemi sa velikom mogućnošću izbegavanja plaćanja karata, i sporog obračuna, moraju se zameniti savremenim koji će osim funkciopnalnosti i jednostavnosti u prodaji karata doprineti bržem i preciznijem poslovanju.

Kako su na mreži stanice sa različitim mogućnostima i brojem otpremljenih putnika, tako će i donete mere biti u zavisnosti sa ostvarenim dosadašnjim rezultatima.

2. PRIMERI STRANIH ISKUSTVA U NAČINU I ORGANIZACIJI RADA NA IZDAVANJU PREVOZNIH ISPRAVA NA PRODAJNIM MESTIMA

Sektori železnica koji se bave prevozom putnika odlučili su 1998. godine, da kao njegov standard, RJIS bude jedini sistem za distribuciju usluga u okviru Planskog informisanja za putovanje železnicom (red vožnje, cene, rezervacije itd.). Planiran je kao integralno rešenje za informacije o putovanju železnicom za 21. vek.

RJIS sadrži red vožnje, vozarine, planiranje prevoznih puteva i ostale dopunske srodne informacije na dosledan, tačan i integrisan način. Osnovni i jedinstveni deo RJIS je izrada plana prevoznih puteva. On predstavlja skup pravila koja određuju važeće vozarine i putovanja, obezbeđujući validnost datih informacija.

RJIS je jedini akreditovan sa strane Udruženja železničkih operativnih kompanija (ATOS), što znači da su podaci koji se koriste u RJIS sistemu jedinstveni i da je sistem jedini izvor podataka koji su provereni i odobreni sa strane železničke industrije.

RJIS takođe zadovoljava regulacione zahteve za nepristranu prodaju karata tako što bilo koja informacija koja se dobija iz sistema ne dopušta da se jedna operativna kompanija favorizuje u odnosu druge.

RJIS sistem za pretraživanje pronalazi najbržu relaciju putovanja, ali takođe daje i informacije o ostalim drugim mogućim relacijama sa detaljima o najjeftinijoj. Ova RJIS usluga se obezbeđuje iz Fujitsu centralne baze podataka preko Fuijitsu servera. To je glavna i trenutno najpopularnija usluga koja služi kao podrška za više od 1900 terminala u uredima za rezervaciju, pozivnim centrima i podržava više od 1000 uređaja za prodaju karata. Kao što RJIS podržava red vožnje, prevoznine i zahteve za rezervacijama, isto tako dobro podržava autorizacije kreditnih kartica i upravljanje transakcijama korisnika.

Prednosti RJIS:

definišu važeće cene i relacije putovanja, odnosno obezbeđuju validnost dobijenih informacija.

2.1. NX - National Expres group

Nacional ekspres grupa plc (NEG) je vodeća grupa međunarodnog javnog saobraćaja koja prevozi više od milijardu putnika godišnje širom sveta autobusima, vozovima, tramvajima i ekspresnim kolima.

-Dosledne, tačne, trenutno važeće i nepristrasan informacije o putovanju železnicom.

-Raspoloživost - dnevno ažuriranje i raspoloživost 24 sata dnevno, 365 dana u godini. RJIS prima više od 26 miliona zahteva mesečno.

-Fleksibilnost koja omogućava železnici da ima koristi od novih mogućnosti kao što su: menjanje rute putovanja, promena korisničkih očekivanja i povećani zahtevi za integrisanim i multi-modalnim putovanjima, kao i od sve bržih tehnoloških promena.

-Performanse i prilagodljivost - RJIS je zasnovan na distribuiranoj hardverskoj arhitekturi na kojoj je implementirana Microsoft Windows NT tehnologija.

-Integracija - jedinstveni izvor informacija kombinuje vozarinu, red vožnje i planiranje prevoznog puta sa pristupom rezervacijama, kvotama i proverom kreditnih

kartica.

-Univerzalni pristup, direktno od strane kompanija za eksploataciju železnice i upotrebom standardnih ili prilagodljivih intefejsa od strane alternativnih sistema i servisa (Elgar, Tribute itd.)

-Obezbeđivanje informacijama za ostale servise i korisnike kao što su Internet, informativni centri i upravljački korisnički centri.

-Brža eksploatacija u praksi kombinovanjem informacija iz više izvora kroz jedinstveni zahtev.

-Ekonomičnija usluga koja se ostvaruje boljom upotrebom tehnologije, većom proizvodnjom usluga i efikasnim korisničkim interfejsom.

-Upravljanje odnosima sa korisnicima kroz prikupljanje podataka o korisničkim transakcijama i obezbeđivanje boljih upravljačkih informacija.

-Lako korišćenje uz pomoć grafičkog korisničkog interfejsa (GUI) i izborom opcija u skladu sa specifičnim zahtevima korisnika.

-Usklađivanje sa propisima u cilju obezbeđivanja veće tačnosti, bržih, dostupnijih i razumljivijih informacija o putovanju železnicom i za nepristrasnu prodaju karata.

RJIS obezbeđuje red vožnje, vozarine, plan prevoznih puteva i ostale dodatne informacije na tačno određen način, tačno i spaja ih u celinu. Osnovna i jedinstvena komponenta RJIS je plan prevoznih puteva. To je komplet pravila koja

Zahvaljujući Fujitsovom RJIS, Nacional ekspres sada ima rentabilniji način prodaje karata “on line” što mu je omogućilo da bude konkurentan sa sličnim uslugama drugih saobraćajnih operatora. Funkcionalnost "out of the box", dokazana tehnologija i otvoreno povezivanje omogućujuju Nacional ekspres da garantuje za najtačnije informacije u vezi putovanja, obezebdi jednostavno korišćenje "one stop" usluge, veoma brzo uvođenje novih usluga, smanji na najmanju moguću meru razvoj i podršku u okviru kuće i održava visok nivo raspoloživosti i sigurnosti sistema, uz veoma kratko vreme potrebno za odgovor sistema.

2.2. CP-Portugalske železnice usvajaju nove načine izdavanja karata

Portugalske železnice sa zaposlenih blizu 10 hiljada ljudi na kontinentalnom delu, prevze 178 miliona putnika svake godine na preko 3100 km železničke mreže. Danas CP pokušava da usmeri svoje aktivnosti na prevoz putnika i dobara, uzimajući u obzir nove orjentacije poslovanja usmerene ka tržištu i ka kvalitetu usluge, uvek imajući u vidu mogućnost prilagođavanje ponude kao i mogućnost uvođenja odgovarajuće usluge za klijenta.

Prodaja karata na železničkim stanicama više nije profitabilna delatnost, a sa druge strane čini se da je sistem prodaje karata “on line” u stalnom porastu. Neophodno je da se taj sistem ubrza, kontroliše na efektan način i smanje troškovi. Sistem prodaje karata on line omogućava železnici da poveća kvalitet usluge koju nudi potencijalnim korisnicima

Unapređenje ovog sistema takođe će ponuditi i metod za smanjivanje broja putnika koji putuju bez karte, uglavnom na kratkin putovanjima. Sistem će doprineti smanjenju troškova upravljanja, eliminisaće se papirni dokumenti i prilikom popunjavanja obrazaca proverava se celovitost podataka. Sistem će isto tako obezbeđivati detaljne informacije o prodatim karatama.

2.3. Londonski metro

Londonska podzemna železnica (1863.g.-prva podzemna zeleznica u svetu), u celosti u vlasništvu filijale Londonskog transporta zapošljava oko 16000 radnika i prevozi preko 700 miliona putnika godišnje između 273 stanice. Od 1996. godine definiše svoje zahteve za novim IT sistemom, koji je nazivan DADS (Služba dislociranog odlučivanja o podršci), da bi smanjio obaveze u voznim depoima i omogućio upravnim službama da se usredsrede na rad sa korisnicima i osobljem.

Istorija je pokazala da je dobro organizovan javni gradski prevoz osnova za poboljšanje kvaliteta života, socijanu uključenost, obnovu i povećanje poslovne efikasnosti.

Izgradnja novih saobraćajnica ne predstavlja rešenje zagušenosti u saobraćaju. Umesto toga glavni gradovi trebaju nova rešenja koja bi javni gradski prevoz učinila bržim, jeftinijim i pouzdanijim da bi privukli što više novih korisnika koji bi iz kola prešli na metro, tramvaje, vozove ili brodove.

Elektronska prodaja karata

Korišćenje elektronske prodaje karata u javnom saobraćaju rapidno raste zahvaljujući prednostima sistema u smislu lakog i jednostavnog korišćenja, eksploatacionih troškova, sigurnosti prenosa, suzbijanje prevara i usklađenosti sa pametnim kartama.

Intuitivni korisnički interfejs omogućava automatizaciju procesa obračuna i automatsku izradu završnog izveštaja na kraju dana. Kompletna obračunska dokumentacija se šalje u centralni upravljački sistem na usklađivanje sa podacima dobijenim u realnom vremenu. Oprema za rukovanje gotovim novcem je unapređena pomoću bar kod čitača za torbe i vreće sa novcem koje se upotrebljavaju za sigurnosno prikupljanje. Dnevni i nedeljni izveštaji o gotovinskim tokovima omogućavaju stanicama da efikasnije upravljaju svojim novčanim sredstvima.

U nastojanju da ponudi bolju uslugu, prilagodljivije formiranje cene karata i smanji broj manipulacija Transport for London uvodi bezkontaktne pametne kartice. One će zameniti većinu magnetnih kartica i mogu se koristiti na svim ulaznim kapijama londonskog metroa kao i kod mašina za prodaju karata u radnjama, stanicama metroa i autobusima. Mogu sadržavati sezonske karte i imati vrednost koju izabere korisnik. Od date vrednosti će se kasnije naplaćivati prevoz i ukinuće se potreba kupovinom karata unapred. Bezkontaktne pametne kartice su jednostavne za korišćenje, smanjuju redove i gužve u stanicama i nude bolji vid zaštite od prevara jer mogu biti povučene iz opticaja čim se prijavi da se izgubljene ili nestale.

2.4. Rumunske nacionalne železnice - CFR

U cilju unapređivanja postojećeg sistema prodaje karata i rezervacije sedišta Rumunske železnice uvode novi sistem elektronske prodaje karata i rezervacije sedišta **XSELL PROJECT**.

Cilj je da svaki korisnik ima jednostavan i lak sistem za upotrebu, odnosno da je pozdan, dostupan 24 časa u toku dana, 7 dana u toku nedelje, da obezebeđuje brzu uslugu prodaje i tačne informacije za putnika, da je fleksibilan (promena tarifa, sastava voza itd.), da obezbeđuje različite statistike za potrebe službe za upravljanje i da je lak za proširivanje sa geografske i funkcionalne perspektive, tako da se može primeniti bilo koji tip prodaje karata na postojećoj softverskoj osnovi.

2.5. FS - Italian Railways Company

Italijanske železnice - FS 100% u vlasništvu italijanske vlade.

Zapošljavaju 105000 ljudi i imaju 16803 kilometara železničke mreže.

Od putničkog saobraćaja u 2000. godini ostvarila je prihod od 3000 miliona USD i od teretnog saobraćaja 1500 miliona USD.

IBM i FS imaju već dugo vremena ostvaruju veoma uspešnu saradnju na visokom nivou. IBM je bio uključen u sve ključne projekte na FS kao što je sistem integrator (putnički saobraćaj, teretni saobraćaj i vozni park).

Trenutno glavni poslovi IBM na FS su:

-projekat SIPAX (rezervacija sedišta i prodaja karata u putničkom saobraćaju)

-NARITA - Upravljačka mreža za svu opremu na 500 glavnih železničkih stanica

Sipax podsistemi su: Podsistem za rezervacije, Podsistem za kupovinu karata, Podsistem za podršku pri odlučivanju , Podsistem za upravljanje prihodima, Podsistem za obračun, Podsistem za kontrolu kvaliteta, Internet podsistem

Zašto je FS upotrebila "mašinski" pristup?Zato što je savremena i brza mogućnost rada sa bilo kojim O/D parom, zasnovana na prilagodljivom algoritmu, brža i mnogo kompaktnija primena , mora se davati manje podataka operatoru, vezan svako za svakoga (bez izuzetaka), nema zastarelih podataka, prodaja karata i rezervacija mesta u isto vreme, direktna primena poslovnih pravila, posebno za cene.

2.6. Hrvatske železnice

Preduzeće TRON d.o.o. je razvilo sopstveni sistem za prodaju putničkih karata i rezervacija - SUPRA. Sistem se bazira na inteligentnim radnim stanicama koje se sastoje od računara, monitora, tastature i štampača koji mogu samostalno ili povezani u mrežu izdavati putničke karte u domaćem i međunarodnom saobraćaju, voditi stanje blagajne, štampati izveštaje i izdavati rezervacije sedišta.

Glavne karakteristike sistema SUPRA su: maksimalna jednostavnost i brzina rukovanja, flaksibilnost konfiguracije, jednostavnost održavanja u pogledu izmene ili dodavanja tarifskih pravila, sigurnost financijskih podataka o ostvarenom prevozu kao i visoka pouzdanost rada.

2.7. SchlumbergerSema

SchlumbergerSema je vodeća kompanija za pružanje usluga u oblastima informacione tehnologije. Ona poseduje jedinstvenu kombinaciju iskustava iz oblasti IT i globalnih kapaciteta da može na lokalnoj osnovi isporučivati korisnički orjentirane proizvode.

SchlumbergerSema nudi širok spektar rešenja za gradski, železnički i vazdušni saobraćaj. Sa više od 25 godina jedinstvenog iskustva u saobraćajnoj industriji, naša rešenja su nastala kao rezultat naše vodeće uloge u razvoju tehnologija kao i velikog razumevanja za ključne potrebe naših poslovnih klijenata.

U okviru železničke industrije SS radi preko 25 godina i stekla je jedinstveno znanje i iskustvo koje je dovelo do mnogobrojnih uspešnih rešenja posebno u Velikoj Britaniji i Francuskoj. SS daje rešenja počev od planiranja i prodaje do isporuke i ucinka.

Korišćenjem SS železničkog servisa informacija P2V2 kombinovano sa informacijama o svakodnevnim zakašnjenjima, SS će u 2002. isporučiti svoje rešenje za tekuću uspešnost poslovanja. Ključne oblasti tog rešenja su:

-Omogućavanje menadžerima poslovanja da naprave mesečne izveštaje za manje od 24 časa (trenutno im je potrebno pet radnih dana da ih naprave ručno)

ostalim vidovima saobraćaja za željeni put, zajedno sa cenom više alternativa.

Prodajna mreža u unutrašnjem saobraćaju u stanicama treba da se razvija u smeru širenja elektronskog sistema za izdavanje voznih isprava i rezervisanje mesta.

-Omogućavanje bržeg pristupa podacima o uspešnosti u cilju poboljšanja vremenske reakcije na posledice nesreće za 20%

Upotrebom adhok podataka, pretraživanjem i izveštajima dobićemo analizu poslovanja koja će nam omogućiti zadovoljavajuće rešenje.

3. NOVA ORGANIZACIJA I TEHNOLOGIJA IZDAVANJA PREVOZNIH ISPRAVA NASTALA NA PRIMENI I PRILAGOĐAVANJU SA STRANIM ISKUSTVIMA

Imajući u vidu postojeće stanje prodajne mreže ŽTP-a "Beograd" i prikazana svetska dostignuća u domenu izdavanja voznih isprava, nameće se potreba u što bržem pristupanju određenih aktivnosti u cilju unapređenja prodaje u putničkom saobraćaju.

U tržišnim uslovima poslovanja železnice doći će do razdvajanje infrastrukture i funkcije prevoza, kako bi se stvorili jednaki uslovi za funkcionisanje svih saobraćajnih preduzeća. Rekonstruisanjem železnice uopšte, potreba unapređenja sistema prodaje prevoznih isprava rezultat je tehničke zastarelosti postojeće opreme, zahteva UIC-a o načinu izdavanja putnih isprava, a samim tim i neophodnost uključivanja u savremene sisteme.

Obzirom da su skoro sve evropske železničke uprave u potpunosti ili delimično implementirale elektronski način rezervisanja mesta i izdavanje voznih isprava postoje snažne intencije da se već od 2005.godine vozne isprave za međunarodni saobraćaj izdaju isključivo elektronskim putem. Skoro sve evropske železnice su u potpunosti ili delemično uključile svoje kapacitete u evropski elektronski rezervacioni sistem, EPA, neke od njih i u globalne distributivne sisteme (AMADEUS).

Izdavanje voznih isprava, u ŽTP-u "Beograd" organizovano je putem tri prodajne mreže: na blagajnama u staničnim zgradama, u agencijama i u vozovima

Imajući u vidu da su tehnološki talasi razvoja sve kraći i učestaliji neophodno je implementirati opremu koja će u momentu implementiranja biti najsavremenija. Takođe, predlažemo i usvajanje jedinstvenog dokumenta za izdavanje voznih isprava u unutrašnjem i međunarodnom saobraćaju u skladu sa Objavom 918 UIC-a. Predložena strategija bi u mnogome pojednostavila način obrade dokumenata, smanjila troškove obrade, znatno ubrzala dobijanje izlaznih rezultata.

Radi unapređenja ukupnog kvaliteta prevozne usluge u sve veće putničke stanice treba implementirati savremene sisteme za informisanje putnika. Informacija ne treba biti smo o železničkom saobraćaju, već putniku treba dati sveobuhvatnu informaciju o mogućnosta kombinacije sa

Takođe, sistem treba da ima performanse koje će omogućiti povezivanje oko 20 stanica sa prosečnom dnevnom otpremom u daljinskom saobraćaju od najmanje 180-200 putnika. Za uključivanje u takav sistem u sistem bi se uključile sledeće stanice: Beograd, Kraljevo, Palanka,

Jagodina, Lapovo, Niš, Leskovac, Požarevac, Smederevo, Užice, Požega, Priboj, Zaječar, Novi Sad, Vrbas, Sombor, Subotica, Bačka Topola, Zrenjanin, Šid, Ruma, Sremska Mitrovica. Ukupno otpreme oko 5.00.000 putnika ili 58% od ukupnog broja putnika. U otpremi daljinskih putnika učestvuju sa još značajnijim procentom (*procena: oko 75%*) tako da bi njihovo povezivanje u elektronski rezervacioni sistem značajno podiglo kvalitet prevozne usluge na celoj mreži ŽTP-a "Beograd".

U 78 stanica se otpremi prosečno dnevno od 50-200 putnika. Prodaju u ovim stanicama treba organizovati putem računskih mašina koje moraju da imaju performanse za jednostavnu izmenu softvera.

U 43 stanice otpremi se prosečno dnevno od 30-50 putnika. Prodaju u ovim stanicama treba organizovati po principu gore navedenih 78 stanica, ili u slučaju postojanja dobrih agencija u mestu postojanja stanice, izdavanje putnih isprava prepustiti tim agencijama, ili putem ugovorenih prodavaca (kiosci i ostela slična prodajna mesta.

Bavljenje vozova treba preispitati u onim službenim mestima iz kojih se otprema manje od 30 putnika prosečno dnevno. Uraditi posebne analize o smeštaju stanica u odnosu na naseljeni deo mesta, pogodnost reda vožnje i uporedba sa drumskim otpravljanjima putnika iz tog mesta. Analizu završiti do kraja druge faze implementacije novog prodajnog sistema, da bi se eventualno neke stanice uključile u poslednju fazu. Ako se zaključi da je moguće privući veći broj putnika, prodaju organizovati putem ugovorenih prodavaca, tipa kioska ili drugih.

Otprema putnika u međunarodnom saobraćaju vrši se u 32 stanice ŽTP-a "Beograd". Oko 75% svih izdavanja vrši se u stanici Beograd i u agencijama lociranim u Beogradu. Sva izdavanja vrše se manuelnim putem - ručnim ispisivanjem voznih karata.

Imajući u vidu intencije UIC-a i aktivnosti stranih železničkih uprava na tehnološkom unapređenju izdavanja voznih isprava neophodno je u što kraćem roku sprovesti sledeće aktivnosti:

- ažurirati softver za izdavanje voznih isprava u međunarodnom saobraćaju elektronskim putem i implementirati ovaj sistem u sve stanice koje izdaju međunarodne karte,
- uključiti se u evropski elektronski rezervacioni sistem EPA. U prvoj fazi uključiti samo stanicu Beograd, a zatim uključiti i druge stanice sa većim brojem izdavanja,
- predstaviti svoju ponudu uključivanjem u globalni distributivni sistem AMADEUS. Amadeus opslužuje preko 50 000 putničkih agencija i više od 8 200 prodajnih mesta avio kompanija, a u novije vreme: železničke kompanije, brodske kompanije, tour operatere i usluge osiguranja,
- nakon uvođenja elektronskog načina izdavanja voznih isprava omogućiti rezervisanje i prodaju voznih karata putem INTERNETA.

Prodajnu mrežu u vozovima čini oko 620 konduktera raspoređenih u 16 domicilnih stanica. Ova prodajna mreža tek treba da dobije na značaju, sa implementacijom nove strategije razvoja prodajne mreže u stanicama, odnosno smanjenjem broja službenih mesta koje vrše otpremu putnika.

Kako bi se ova prodajna mreža učinila efikasnijom neophodno je njeno tehničko osavremenjavanje i to:

-opremanjem datumskim kondukterskim kleštima svih konduktera,

-nabavkom mobilnih terminala za izdavanje voznih isprava u vozu,

-elektronskom obradom K-6

U novoj strategiji razvoja prodajnih mreža putničkog saobraćaja, **prodajna mreža u agencijama** dobiće veći značaj od postojećeg. U velikim centrima putničke agencije će morati da obezbede opremu za povezivanje na sisteme za elektronsko izdavanje mesta.

Razvoj agencijske delatnosti mora se podsticati u manjim centrima, u kojima će agencijsko poslovanje supstituisati, razviti i proširati aktivnosti koje je do sada obavljala železnica. Navedeno podsticanje treba vršiti odobravanjem agencijske provizije u skladu sa odredbama Objave 130 UIC-a i školovanjem putničkih blagajnika u agencijama.

Omer prihoda s obzirom na mesto ostvarenja mora se promeniti u korist agencija.

Osnovni kriterijum je *broj otpremljenih putnika* i *položaj na mreži*.Kako su se po tim kriterijumima, već u analizi nametale podele stanica, to se sada ostaje na stanovištu da se i primena novih sistema uradi prema već postojećoj podeli stanica sa otpremljenih prosečno dnevno:

-više od 200 putnika,

- od 50 do 200 putnika,

- manje od 50 putnika. S obzirom na položaj na mreži, najveći broj satnica pod 1 je na magistralnim prugama, pa je i taj kriterijum uklapa u podelu prema broju otpremljenih putnika.

Dinamika i faznost primene novih sistema izdavanja prevoznih usluga u direktnoj je vezi sa izborom kriterijuma podele stanica. Prema podeli stanica, nameće se i faznost primene novih sistema.

U ***prvoj fazi*** kompletno opremiti stanice pod 1 (stanice sa otpremljenih prosečno dnevno više od 200 putnika).

U ***drugoj fazi*** opremiti preostale stanice koje otpremaju prosečno više od 50 putnika dnevno. Organizacija izdavanja putnih isprava, stanica koje otpremaju prosečno dnevno manje od 50 putnika organizovati putem pogodnih prodajnih mesta izvan stanice, a pristupanje ovakvoj organizaciji može se pristupiti odmah. **Sistem Beovoza** je s obzirom na broj prevezenih putnika i planovima proširenja mreže idealan za testiranje rada i efekata navedenih sistema prodaje karata (na.pr. sistem na mreži londonske

podzemne železnice, ili gradski saobraćaj u Parizu). O ovom bi se svakako moralo voditi računa prilikom restruktuiranja prodajne mreže.

Kao posledica restruktuiranja prodajne mreže karata javlja se potreba za **izmenama i usklađivanjima pravilnika u putničkom saobraćaju kao i usaglašavanje zakonske regulative sa važećim evropskim regulativama i standardima**. Na osnovu stranih iskustava koja će biti primenjena i kod nas, izmene se moraju uraditi u načinu izdavanja karata, zatim tehnologiji izdavanja isprava, načinu obračunavanja cena karata i povlastica i slično. Evropski sitem prodaje podrazumeva prodaju voznih isprava i naplatu drugih usluga koje su vezane za međunarodni, ali i unutrašnji putnički saobraćaj.

Postojanje internih standarda u železničkom saobraćaju je opravdano u odgovarajućim segmentima poslovanja, međutim u međunarodnom saobraćaju se zahteva jednoobraznost u poslovanju. To se može postići primenom UIC dokumenata, u ovom slučaju onih koji se odnose na organizaciju prevoza putnika, konkretno vezanih za prodaju voznih isprava.

Posle urađene analize sadržaja dokumanata UIC potrebno je ustanoviti postojanje povezanosti odredaba objava UIC i standarda na Železnicama Srbije i propisa i usaglasiti domaću regulativu. Ako određena problematika koja je obrađena u okviru objava UIC nije uključena u našu železničku regulativu i standarde, neophodno je izraditi nove standarde, pravilnike i uputstva.

Sva uputstva i pravilnici moraju biti usaglašeni do trenutka primene novih sistema.

Vrednost investicija potrebnih za implementaciju novih sistema moraju se naknadno izračunati. Kada se bude odlučilo koji su to sistemi koji bi se mogli usvojiti, o visini investicija bi se moglo razgovarati u direktnim pregovorima sa proizvođačem koji formira cenu po veličini sistema, a često predlaže i dinamiku uvođenja. Obzirom na tehničko i tehnološko stanje prodajne mreže potrebno je obezbediti, odmah i permanentno, izvore fininsarinja Jedna od mogućnosti finansiranja rekonstriranja i modernizacije prodajne mreže kojoj možemo odmah pristupiti je da se izdvaja 5% od realizovanih prihoda prodajnih mreža u stanicama i vozovima za implementaciju predložene strategije.

4. ZAKLJUČAK

Pestruktuiranje prodajne mreže i povezivanje sa ostalim evropskim sistemima prodaje karata i rezervacije mesta, mora se što brže započeti i u što kraćem periodu prodajnu mrežu dovesti na nivo da se sledeći novi sistemi mogu brzo, jeftino i kvalitetno proširivati i osavremenjivati, onom dinamikom koja je svojstvena razvijenim železnicama EU.

Danas, ići u korak sa naukom i impementacija dostignuća informativnh sistemima je imperativ, koji znači uspeh u poslovanju, smanjenje troškova, povećanje prihoda.

Naši sistemi bi morali raditi na takvom principu da svakodnevno dobijaju podatke o prodaji karata iz svih postavljenih mašina za prodaju karata i oni bi morali:

-Prikupljati i proveravati podatke o svakoj prodaji karata u okviru dogovorenih ciljeva korisnika

-Obradjivati podatke kako bi železnički prevoznici dobili informacije o tome koliko je koji prevoznik prodao karata, koliki je prihod ostvario i o prihodima koji idu drugim prevoznicima

-Pružati rukovodiocima informacije o zaradama, prodaji, proviziji i putovanjima

-Kontrolisati da li se karte prodaju po korektnoj ceni

-Prebacivati prihod na bankovne račune i sa bankovnih računa železničkih prevoznika, ili drugih prevoznika,

-Slati elektronske informacije sistemu za obradu karata svakog dana pre 09:00 o prodaji kreditnih, platnih i potrošačkih kartica koja je ostvarena prethodnih dana.

U ovakvom sistemu kontrole i zavisnosti pojedinih segmenata, organizacija, reorganizacija i najvažnije brza reakcija, rezultiraće i značajnim finansijskim dobitkom. To je uslov razvoja i osavramanjivanja i ostalih segmenata železnice uopšte.

Literatura

[1] UIC-White Paper on the IT Strategy-Brasov,2002
[2] Razne Fujitsu i Internet informacije
[3] Unapređenje sistema izdavanja prevoznih sistema izdavanja prevoznih "BEOGRAD"", SI CIP-Beograd 2002.

THE PRACTICE IN EUROPEAN COUNTRIES REGARDING ORGANIYATION AND METHODOLOGY OF ISSUING CARRIAG DOCUMENTS

Emina Djurdjevic

Abstract - *The use of electronic ticketing in public transport is growing rapidly thanks to the advantages in terms of user-friendliness, opening cost, security of transactions, combating fraud and compatibility with smart cards. The restructuring of sales network on Serbian Railways and connecting to other European systems for ticket sales and seat reservations should be started as soon as possible so that the sales network will be upgraded within the shortest possible time and allow fast, cost effective and quality expansion and modernization at the pace characteristic of the developed railways in Europe.*

Key words - railway, smart cards, profit

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

ПРОГРАМСКИ ПАКЕТ НАМЕЊЕН ЗА ОПТИМИЗАЦИЈУ РАДА ВУЧНИХ ВОЗИЛА НА ЖЕЛЕЗНИЦИ

Гавриловић С. Бранислав [1], Панић Жељко [2]

Резиме: *У условима ограничених инвестиција, организација службе вуче има све већу потребу за оптимизацијом рада вучних возила. Оптимално планирање и праћење реализације тако зацртаног плана рада вучних возила до сада није се довољно ослањало на примени данас већ масовно заступљених персоналних рачунара. У раду су приказани резултати програмског пакета који омогућава брзу и лаку оптимизацију рада вучних возила. Описано решење може постати незаменљив алат при изради турнуса рада вучних возила.*

Кључне речи: оптимизација, вучна возила, железница, optimizacija.

1. УВОД

У циљу оптимизације рада и прорачуна експлоатационих показатеља искоришћења вучних возила, на Вишој железничкој школи у Београду пројектован је програм у интегралној радној средини EXCEL for Windows 2000. Ова радна средина изабрана је с обзиром да EXCEL for Windows 2000 омогућава рад са различитим софтицираним базама података уз могућност графичког приказивања пројектованог турнуса рада вучних возила.

На основу књижице реда вожње и оперативног плана рада вучних возила, пројектовани програм обезбеђује оптималан турнус рада вучних возила по критеријуму минимално потребног времена бављења времена вучних возила у матичним и обртним станицама. Сем тога, програм дефинише и све експлоатационе показатеље оптимално пројектованог турнуса рада вучних возила.

Комуникација корисника са пројектованим програмом је једноставна с обзиром да корисник треба да унесе само основне податке везане за саобраћај анализираних возова у већ унифициране обрасце по Упутству 236 [1].

Програм је намењен основним Организационим јединицама за вучу возова, али и њиховим Срктorима с обзиром да исти морају оптимално организовати рад између појединих Организационих јединица.

2. АЛГОРИТАМСКА ШЕМА

Алгоритамска шема развијеног програма састављена је из низа алгоритамских корака. Наиме, на основу унетих вредности улазних параметара први корак састоји се у дефинисњању времена доласка одређеног броја возова у матичну и обртну станицу. Програм сортира времена пристиглих возова у матичну и обртну станицу од 00 ^{h} до 24 ^{h}. Сортирана времена долазака вучних возила на одговарајућим возовима даље се користе као полазна основа за проверу да ли се вучно возило од неког пристиглог воза може повезати уз минимално задржавање (a_{min}, b_{min}). са возом који се планира да покрене из матичне или обртне станице

Линијска структура алгоритамске шеме пројектованог програма приказана је на слици 1, где је:

Input - део програма где се од стране корисника уносе у унифициране обрасце одговарајуће улазне величине, и то:

n ... број воза;

ivb ... број неповезаних возова (ivb = 0 – на почетку);

tdolB(n) ... време доласка н-тог воза у обртну станицу;

todlA(n) ... време одласка н-тог воза из матичне станице;

tbavA(n) ... време бављења н-тог воза од матичне до обртне станице;

tvozA(n) ... време вожње н-тог воза од матичне до обртне станице;

tdB(n) ... помоћни низ за сортирање долазећих возова;

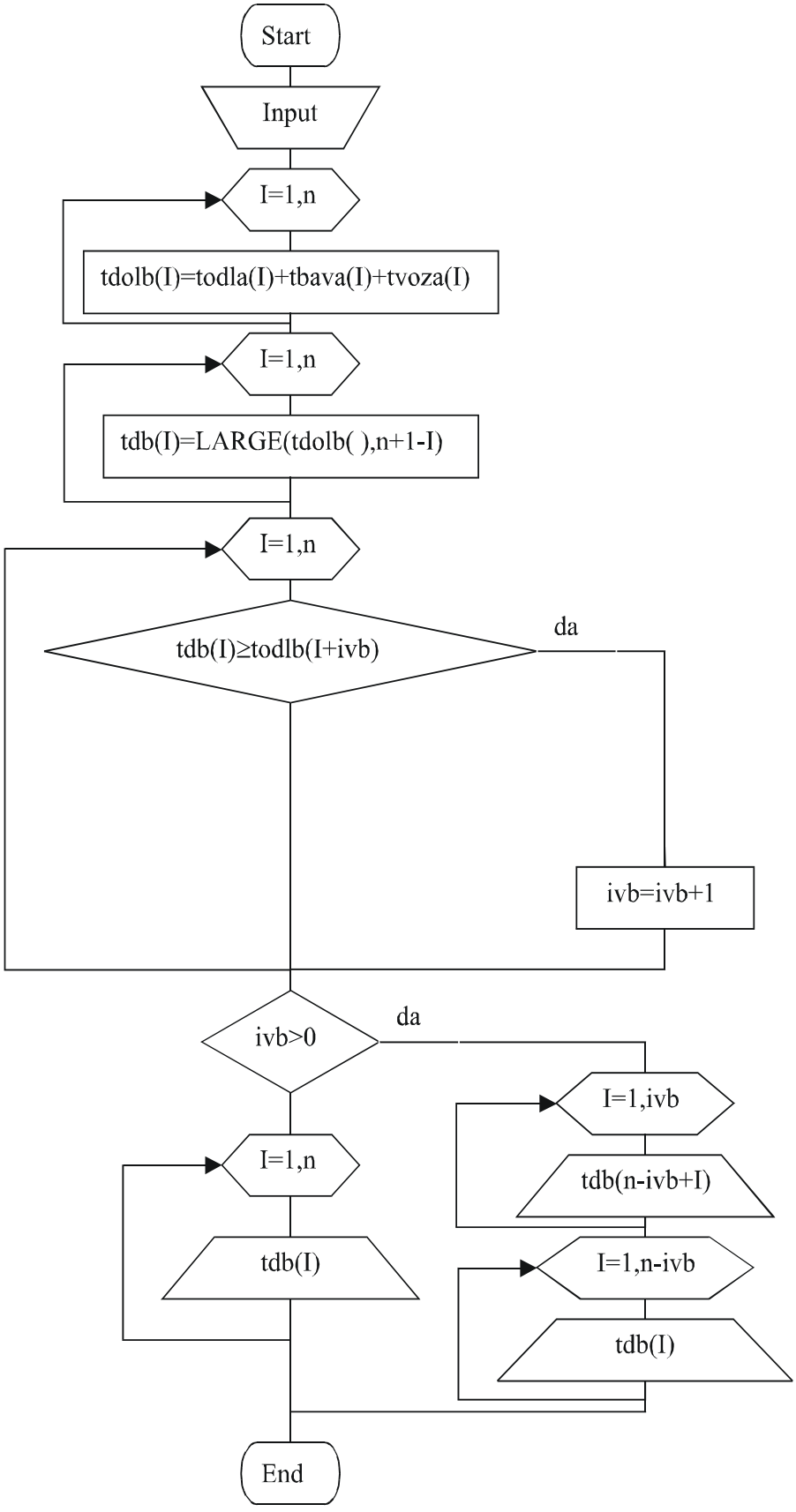
todlB(n) ... време доласка н-тог воза у обртну станицу.

Прва петља - „ **tdolB(I) = todlA(I) + tvozA(I) + tbavA(I)**“

Ова петља се извршава онолико пута колико има анализираних возова. При томе се врши сабирање времена одласка, вожње и бављења сваког возова од матичне до обртне станице да би се дефинисало њихово време доласка у обртну станицу. Аналоган је поступак и за дефинисање времена доласка возова у матичну станицу.

[1] др Гавриловић С. Бранислав, дип. инж. ел., Сектор за вучу возова и ТКП Београд, Ратарска 19, 31000 Ужице, e-mail: brane23@ptt.yu.

[2] Панић Жељко,маш. инж., Виша железничка школа, Здравка Челара 14, Београд.



Слика 1: "Алгоритамска шема програма"

Друга петља - „tdB(I) = LARGE(tdolB(I),n+1 - I) “ И ова петља се извршава н- пута. Ово је потребно да би се времена долазака вучних возила у обртну станицу хронолошки груписала у одговарајучи помоћни низ. Програмском наредбом LARGE хронолошки се сортирају времена од 00^h до 24 ^{h}, где се са програском наредбом:

LARGE(tdolB(I),1) – обезбеђује највећа вредност времена бављења вучних возила из низа tdolB;

LARGE(tdolB(I),2) – обезбеђује друга вредност из низа tdolB;

LARGE(tdolB(I),n) - обезбеђује најмања вредност бављења вучних возила из низа tdolB.

Програмским наредбама:

LARGE(tdolB(I),n)
LARGE(tdolB(I),n – 1)
.
.
.
LARGE(tdolB(I),2
LARGE(tdolB(I),1

формиран је хронолошки од 00^h до 24 ^{h} помоћни низ времена доласка возова у обртну станицу tdB(I).

Трећа петља – „IF tdB(I)≥todlB(I+ivb) “

Са овом петљом се испитује да ли су одговарајућа времена из помоћног низа tdB(I) већа или једнака од појединих времена из низа todlB(I). Ово је потребно из разлога правилног повезивања возова по критеријуму минималног бављења у обртним станицама.

Број таквих возова меморисан је са помоћном променљивом ivb у грани »DA«. Уколико ово време није веће или једнако од променљиве ivb вучно возило се може повезати са посматраним возом. Ако се не може повезати, бројач I у низу todlB(I) увећава се за променљиву ivb.

IF ivb > 0

Ова програмска наредба је уведе у циљу провере да ли има неповезаних возова. Ако је ivb > 0 онда постоји један број неповезаних возова тако да се програм затвара преко гране „DA”.

Ako je ivb = 0 - тада нема неповезаних возова па се програм затвара преко гране „NE”.

Преко гране „DA” петља се понавља ivb пута тј. онолико пута бколико има неповезаних возова. Излазни подаци из ове петље су највеће вредности времена из помоћног низа tdB(I), а које су решене функцијом (n– ivb + I). (На пример ако је n=6 и ако је ivb=2 излазни подаци су пета и шеста највећа вредност из низа tdB(I) и које се повезује са првом и другом највећом вредности из низа todlB(I). По овој функцији бројач I исписује времена :

tdB(6 – 2 + 1) → tdB(5)
tdB(6 – 2 + 2) → tdB(6)

Преко гране „DA” исписују се и остала хронолошки груписана времена из низа tdB(I). За анализирани пример бројач I узима по функцији (n – ivb) вредности времена преосталих возова из низа tdB(I) тј.: 1, 2, 3 и 4 и исписује tdB(1), tdB(2), tdB(3) и tdB(4), а које ће повезати са преосталим временима из низа todlB(I)..

Преко гране „NE” петља се понавља н пута. Излазне вредности су правилно (хронолошки) сортиране вредности из низа tdB(I) за ivb=0.

3. КОМУНИКАЦИЈА КОРИСНИКА С ПРОГРАМОМ

Реализација ппрограма остварена је у интегралној радној средини EXCEL for Windows 2000 с обзиром да ова средина омогућава једноставно креирање одговарајућих табела сагласних обрасцима који су прописани Упутством 236 [1]

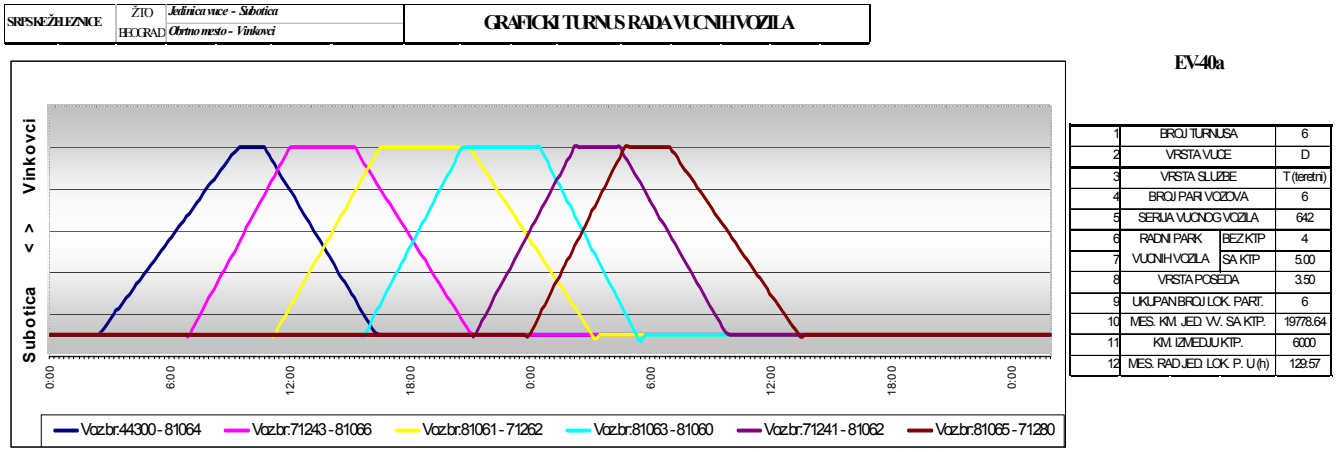
По отварању програма, корисник пред собом има могућност коришћења четри радна листа (Sheet 1, Sheet 2, Sheet 3 i Sheet 4). Кликом на одговарајући “Sheet”, корисник отвара жељени лист.

Слика 2: «Комуникација корисника с програмом»

Прва три листа су заправо унифицирани обрасци који су у обавези да се користе на Железницама Србије и Црне Горе по Упутству 236 тј.:

- Први лист је образац ЕВ-40а Прилог I («Елементи пуног обрта вучних возила»),
- Други лист је Образац ЕВ 40 прилог II («Табела повезивања возова») и
- Трећи лист је образац ЕВ-40а Прилог III («Потреба маневарског рада са засебним локомотивама») [1].

У одговарајуће колоне ових образаца корисник програма уноси већ описане основне податке о саобраћају анализираних возова. На основу описане алгоритамске шеме, а користећи преостале колоне наведених образаца, програм аутоматски дефинише оптималан турнус рада вучних возила за анализирани број возова. Сем наведеног, за анализиране услове програмски пакет у могућности је и да графички прикаже оптимално дефинисан турнус рада вучних возила као на слици 3.



Слика 3: "Графички турнус рада вучних возила"

За добијени турнус рада вучних возила, у четвртом радном листу (Sheet4) аутоматски се исписују вредности које су предвиђене унифицираним обрасцем ЕВ 40: «Норме показатеља експлоатације вучних возила» [1].

Програм је тестиран за потребе већег броја Организационих јединица за вучу возова на пругама Железница Србије и Црне Горе за ред вожње од 14. 12. 2003. до 11. 12. 2004. год. на основу чега је стечено уверење да описани програм ради коректно и да може постати незаменљив алат при оптизацији рада вучних возила.

4. ЗАКЉУЧАК

У циљу оптимизације рада вучних возила пројектован је и тесиран програм који може постати незаменљив алат у организацији службе вуче возова. Комуникација корисника с пројектованим програмом је једноставна с обзиром да програм користи унифициране обрасце који су предвиђени по Упутству 236. Сем тога, програм од корисника захтева унос само основних података за саобраћај анализираних возова. На основу ових података програм аутоматски дефинише оптималан турнус рада вучних возила уносећи потребне вредности у одговарајуће колоне образаца ЕВ 40 а - Прилог I, II, III и ЕВ 40 односно графички представљајући пројектовани турнус у унифицирани образац ЕВ 40а.

LITERATURA

[1] Jugoslovenske železnice: »Uputsvo za vođenje evidencije delatnosti vuče vozova i održavanje vučnih vozila na Jugoslovenskim železnicama - Uputstvo 236«, 1984. god., Beograd.

[2] inž. Nikola Filipon «Eksploatacija lokomotiva«, Biblioteka udzbenika Ministarstva železnica, knjiga 4, 1949. god., Beograd. [3] dr Dragoslav Durković: »Eksploatacija vučnih vozila«, Viša železnička škola, 1993. god., Beograd.

PROGRAM DESIGN FOR EXPLOITATIONLY OPTIMIZATION OF RAILWAY TRACTION VEHICLES

Abstract: *Program descriptive in this article can use most users who deal with organization of a tracking service and its work in certain tracking units for traction vehicles tracking, apropos users who take part in traction vehicles tracking exploitation organization to reduce expenditures of tracking with one universal organizational plan. On very handy and efficient way, program makes analyze and deal with inputs and calculate optimal way of connecting trains and connects them. Such as shows working chart of connected traction vehicles round. Then analyzes and shows exploiting parameters of setting locomotives rounds. All this data, it calculates in very short time and offers simple approach to every data that interests us.*

Key words: optimization, traction vehicles, railway

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

REZULTATI TESTIRANJA PROGRAMA ZA OPTIMIZACIJU TURNUSA VUČNIH VOZILA OTVV

Sandra Kasalica [1]

Rezime- *S obzirom na veliku vrednost vučnih vozila, kao i uticaj reda vožnje na njihovo korišćenje, aktuelan naučni izazov jeste poboljšanje njihovog korišćenja, koje se mora sagledati u realnom vremenu, na osnovu turnusnog tipa organizacije vuče vozova.*
Turnus je specifičan vid organizacije rada i korišćenja vučnih vozila i, u suštini, svodi se na zatvoren lanac radnih zadataka (vozova) koji se periodično ponavlja. Sama koncepcija turnusnog tipa organizacije vuče u praksi pokazala se kao najbolja, međutim kako se radi za unapred definisan red vožnje i bez uvažavanja stohastičke prirode procesa realizacije reda vožnje, dovodi do neusklađenosti u korišćenju vučnih vozila. Definisani model i programski paket omogućuju optimizaciju turnusa vučnih vozila tokom same izrade reda vožnje uključujući i kašnjenja vozova, što do sada nije bio slučaj. Na taj način omogućuje se sagledavanje i minimizacija neusklađenosti u korišćenju vučnih vozila.

Ključne reči- železnica, vuča vozova, kašnjenje vozova, raspodela kašnjenja vozova, turnus, optimizacija, model, programski paket

1. OPIS PROGRAMA OTVV

Program OTVV urađen je na bazi teorijske osnove modela optimizacije turnusa vučnih vozila, kao i istraživanja u vezi s kašnjenjima daljinskih putničkih vozova na JŽ.

Služi za optimizaciju turnusa vučnih vozila uključujući kašnjenja vozova, za proizvoljnu železničku mrežu s više relacija. Program je rađen u programskom jeziku Microsoft Visual Basic Verzija 6.0.

Optimalnost veza izražena je kroz minimizaciju ukupnog vremena zadržavanja vučnih vozila u svakoj stanici u kojoj se optimizacija radi posebno. Na taj način stvaraju se osnovni preduslovi za iznalaženje turnusa s najmanjim mogućim brojem izvršioca radnih zadataka.

Osnovni doprinos ovog programa u odnosu na dosad urađene programe iz ove oblasti, koji su nama poznati, jeste taj što se u obzir uzimaju poremećaji u redu vožnje i kašnjenja vozova. Na osnovu unapred definisanih raspodela kašnjenja vozova sa pripadajućim parametrima, kao i izabrane proračunske verovatnoće kašnjenja vozova, program računa vremena kašnjenja vozova, kako u polasku, tako i u dolasku. Na primer, proračunska verovatnoća od 20% znači da s verovatnoćom 20% tvrdimo da će vozovi stići u proračunato vreme. Što je verovatnoća veća, to je obuhvaćen veći interval kašnjenja. Drugim rečima, povećanjem vrednosti proračunske verovatnoće povećava se i broj vozova koji će se sa svojim kašnjenjima naći u intervalu predviđenom tom verovatnoćom.

Osim dobijanja optimalnog rešenja, kao primarnog cilja, program je orijentisan krajnjem korisniku (železničkim stručnjacima koji rade na izradi reda vožnje, kao i turnusa vučnih vozila). Da bi program u što većoj meri odgovorio praktičnim zahtevima, koncipiran je za paralelnu izradu reda vožnje i turnusa vučnih vozila.

Glavni meni programa sadrži stavke:

1. unos podataka o stanicama;
2. unos relacija;
3. unos okvirnog reda vožnje;
4. redosled deonica;
5. određivanje stvarnih vremena polazaka i dolazaka za međunarodne putničke vozove;
6. povezivanje međunarodnih putničkih vozova;
7. određivanje stvarnih vremena polazaka i dolazaka za međunarodne teretne vozove;
8. povezivanje međunarodnih teretnih vozova i nepovezanih međunarodnih putničkih vozova;
9. određivanje stvarnih vremena polazaka i dolazaka za putničke vozove u unutrašnjem saobraćaju;
10. povezivanje putničkih vozova u unutrašnjem saobraćaju, nepovezanih međunarodnih putničkih i međunarodnih teretnih vozova;
11. određivanje stvarnih vremena polazaka i dolazaka za teretne vozove u unutrašnjem saobraćaju;
12. povezivanje teretnih vozova u unutrašnjem saobraćaju, nepovezanih međunarodnih putničkih i međunarodnih teretnih vozova i nepovezanih putničkih vozova u unutrašnjem saobraćaju;
13. turnusi;
14. novi red vožnje.

Prve četiri stavke predstavljaju unos ulaznih podataka u program. Svi navedeni podaci unose se s tastature računara, u onom redosledu i formi kako je to programom predviđeno.

Nakon toga sledi proračun stvarnih vremena polazaka

[1] mr Sandra Kasalica, dipl. ing. saobraćaja, Saobraćajni institut CIP, Nemanjina 6
Ovaj rad nastao je kao izvod iz magistarskog rada koji je mr Sandra Kasalica odbranila na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu, 27. maja 2003. godine

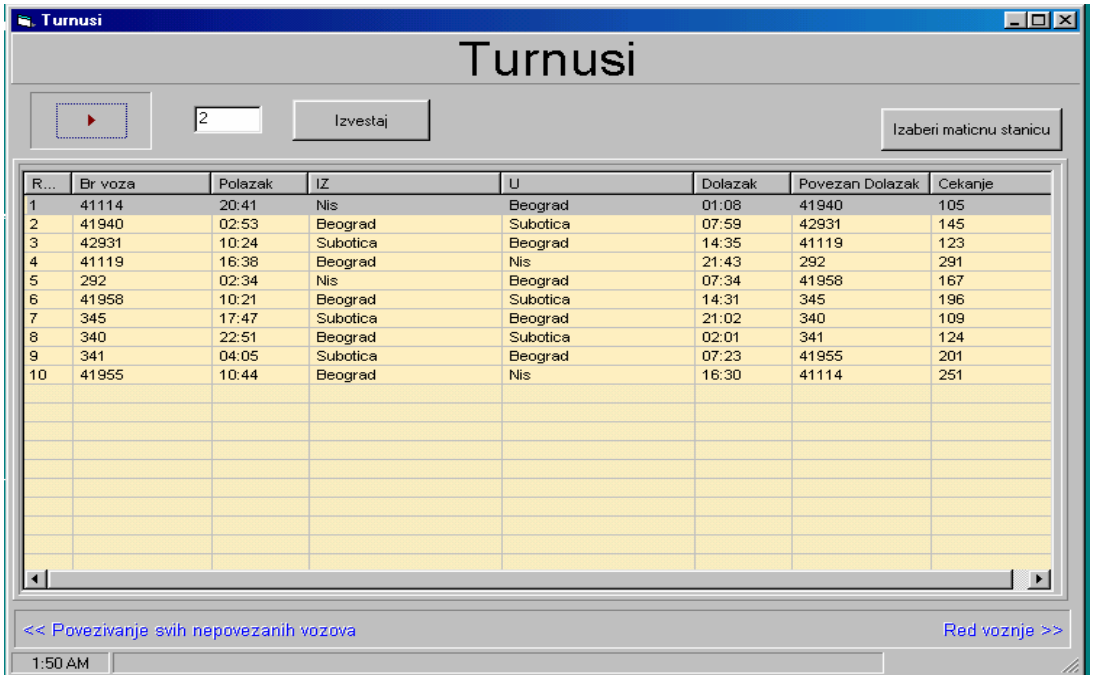
i dolazaka vozova po kategorijama i njihovo povezivanje u turnuse.

Poslednje dve stavke predstavljaju izlazne rezultate iz programa.

Program je koncipiran tako da je moguće obavljati sve korake po redosledu, ali je moguće i preskočiti korake koji su u vezi s povezivanjem vozova, do stavke 12 kad se moraju povezati svi vozovi.

2. TURNUSI

Ova forma predstavlja izlazne rezultate svih povezanih turnusa (slika 1). Ovi turnusi mogu se odštampati ako se klikne na dugme *Izvestaj*. Takav izveštaj dat je u tabeli 1.



R...	Br voza	Polazak	IZ	U	Dolazak	Povezan Dolazak	Cekanje
1	41114	20:41	Nis	Beograd	01:08	41940	105
2	41940	02:53	Beograd	Subotica	07:59	42931	145
3	42931	10:24	Subotica	Beograd	14:35	41119	123
4	41119	16:38	Beograd	Nis	21:43	292	291
5	292	02:34	Nis	Beograd	07:34	41958	167
6	41958	10:21	Beograd	Subotica	14:31	345	196
7	345	17:47	Subotica	Beograd	21:02	340	109
8	340	22:51	Beograd	Subotica	02:01	341	124
9	341	04:05	Subotica	Beograd	07:23	41955	201
10	41955	10:44	Beograd	Nis	16:30	41114	251

Slika 1 . Turnusi

Tabela 1. Primer izveštaja o turnusu:

Turnus 1

Br. voza	Polazak	IZ	ZA	Dolazak	Br.voza	Vr.rada	TV+VC
345	17:15	Subotica	Beograd	20:16	340	181	113
340	22:09	Beograd	Subotica	01:19	41955	190	135
41955	03:34	Subotica	Beograd	08:20	42961	286	278
42961	12:58	Beograd	Nis	17:16	41114	258	163
41114	19:59	Nis	Beograd	00:30	47941	271	162
47941	03:12	Beograd	Nis	08:26	41116	314	128
41116	10:34	Nis	Beograd	14:53	41952	259	131
41952	17:04	Beograd	Subotica	22:02	341	298	331
341	03:33	Subotica	Beograd	06:37	41958	184	177
41958	09:34	Beograd	Subotica	13:53	345	259	

Ukupno vreme rada: 2500 min
Ukupno vreme cekanja: 1618 min
Broj dana u turnusu: 3
Potreban broj VV: 3
Koeficijent vremenske iskoriscenosti VV:60.71%

Izveštaj o turnusu prikazuje rezultate koji se odnose na optimalno povezivanje vozova i vučnih vozila u svakoj obrtnoj stanici. Rezultati su prikazani po hronološkom redosledu dolazaka i odlazaka vozova, sa sledećim značenjem skraćenica: br. voza – broj odlazećeg voza; polazak – vreme (trenutak) polaska voza iz stanice; IZ – naziv stanice iz koje voz odlazi (odnosno vučno vozilo); ZA – naziv stanice u koju voz odlazi (odnosno vučno vozilo), dolazak – vreme (trenutak) dolaska voza u stanicu u minutama; br. voza – broj voza čiji se polazak veže s dolazećim vozom (voz koji preuzima vučno vozilo); vr. rada – vreme (interval) putovanja vučnog vozila od polazne do uputne stanice, TV+VC – vreme čekanja vučnog vozila na preuzimanje sledećeg voza koje sadrži i tehnološko vreme dolazeće, odnosno polazeće stanice.

Osim redosleda vozova u turnusu, kao izlaz dobijaju se i matična stanica i obrtne stanice vučnog vozila za definisan turnus.

Model i program tako su koncipirani da se nakon potpunog definisanja turnusa tj. kao izlaz dobije matična stanica vučnog vozila, kao i obrtne stanice. Optimizacija rada vučnih vozila sprovodi se samo u obrtnim stanicama.

Za matičnu stanicu nema pronalaženja optimalnog vremena čekanja. Kao što se vidi u tabeli 1, poslednje vreme u nizu vremena čekanja nije uzeto u obzir.

Ovakva postavka urađena je iz razloga što u matičnim stanicama, u principu, vučna vozila idu u depo na dnevne ili druge preglede, pa se ne mogu odmah koristiti za vuču drugih vozova jer zavise od vremena izlaska iz depoa. Planiranje, organizacija i optimizacija rada depoa i opsluživanje vozova vučnim vozilima i osobljem poseban je problem i treba ga rešavati u svakoj matičnoj stanici.

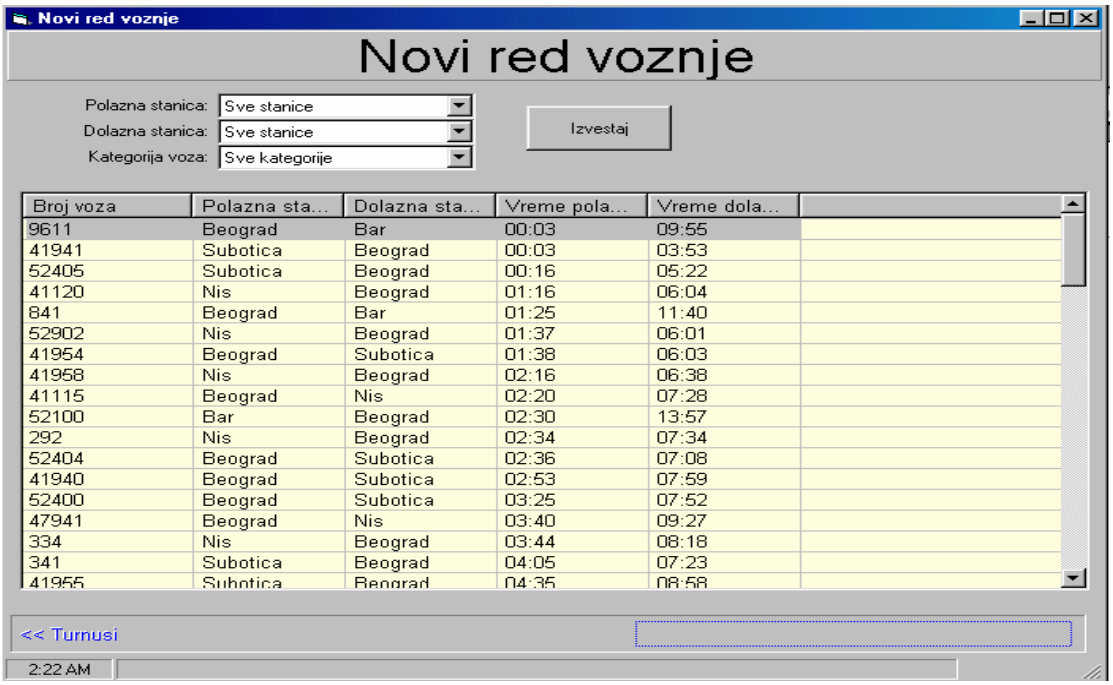
Kao izlaz takođe se dobijaju osnovni parametri (ukupno vreme rada vučnog vozila, ukupno vreme čekanja na rad, broj dana u turnusu) i izvedeni parametri (potreban broj vučnih vozila i koeficijent vremenske iskorišćenosti vučnih vozila).

Program, takođe, omogućava da se u zatvorenom turnusu može izabrati nova matična stanica.

3. NOVI RED VOŽNJE

Određivanjem svih stvarnih vremena polazaka i dolazaka za sve vozove automatski se formira novi red vožnje (slika 2). Ukoliko je iskorišćena mogućnost pomeranja vremena polaska, odnosno dolaska kod vozova u unutrašnjem saobraćaju, promena stvarnog vremena polaska i dolaska upisana je u novi red vožnje.

Ovaj red vožnje moguće je prikazati (i odštampati) za sve razmatrane polazne i dolazne stanice i sve kategorije vozova (Tabela 2). Potrebno je naglasiti i to da za međunarodne vozove stanice Niš i Subotica nisu polazne ili dolazne stanice, već jedne od krajnjih stanica vučne deonice, ali je zbog jednostavnosti formi, kao i nedostatka mesta za upisivanje, red vožnje prikazan na ovaj način.



Slika 2. Novi red vožnje

Red vožnje takođe je moguće prikazati (i odštampati) za sve vozove ali i posebno za izabranu stanicu polaska, odnosno dolaska, po kategorijama vozova.

Tabela 2. Izveštaj o novom redu vožnje:

Broj voza	IZ	ZA	Polazak	Dolazak
9611	Beograd	Bar	00:03	09:55
41941	Subotica	Beograd	00:03	03:53
52405	Subotica	Beograd	00:16	05:22
41120	Nis	Beograd	01:16	06:04
841	Beograd	Bar	01:25	11:40
52902	Nis	Beograd	01:37	06:01
41954	Beograd	Subotica	01:38	06:03
41958	Nis	Beograd	02:16	06:38
41115	Beograd	Nis	02:20	07:28
52100	Bar	Beograd	02:30	13:57
292	Nis	Beograd	02:34	07:34
52404	Beograd	Subotica	02:36	07:08
41940	Beograd	Subotica	02:53	07:59
52400	Beograd	Subotica	03:25	07:52
47941	Beograd	Nis	03:40	09:27
334	Nis	Beograd	03:44	08:18
341	Subotica	Beograd	04:05	07:23
41955	Subotica	Beograd	04:35	08:58

52101	Beograd	Bar	04:53	18:27
41941	Beograd	Nis	05:39	11:32
840	Beograd	Subotica	06:17	10:59
44780	Nis	Beograd	06:46	12:04
52903	Beograd	Nis	06:52	12:12
52103	Beograd	Bar	07:02	20:15
541	Subotica	Beograd	07:17	09:48
52901	Beograd	Nis	07:41	12:01
411	Beograd	Nis	08:16	12:27
47940	Nis	Beograd	08:32	12:45
344	Beograd	Subotica	08:46	12:16
41953	Subotica	Beograd	08:48	12:50

4. TESTIRANJE MODELA I REZULTATI TESTIRANJA

Kao statički ulazni podatak za testiranje modela korišćen je red vožnje iz 2000/01. godine pri čemu je uzeto u razmatranje ukupno 72 voza, od kojih 12 vozova saobraća na dve vučne deonice, i to samo redovni vozovi jer se za njih pravi i odgovarajuća organizacija vuče. Fakultativni vozovi nisu uzeti u obzir pošto nisu predmet razmatranja.

Programski paket je testiran u konkretnim uslovima za nekoliko odabranih pruga JŽ, i na osnovu rezultata daće se potreban komentar u odnosu na dobijena saznanja.

Model je testiran na delu mreže JŽ koji obuhvata tri putna pravca: Beograd–Subotica, Beograd– Bar, Beograd–Niš. Relacije saobraćaja posmatranih vozova jesu: Subotica–Beograd, Beograd–Subotica, Beograd–Niš, Niš–Beograd, Beograd–Bar, Bar–Beograd, Subotica–Bar, Bar–Subotica. Kategorije vozova koje su uzete u razmatranje jesu: međunarodni putnički, međunarodni teretni, poslovni, putnički vozovi u unutrašnjem daljinskom saobraćaju, direktni i deonički teretni vozovi.

Kao dinamički ulazni podaci za testiranje modela korišćene su: raspodele verovatnoća kašnjenja vozova i način povezivanja vozova u turnuse.

Kao prvi način povezivanja vozova u turnuse može da se uzme povezivanje vozova po kategorijama, to jest, prvo se vežu međunarodni putnički vozovi međusobno (samo oni koji su ispunili uslov minimalnog zadržavanja), međunarodni teretni vozovi i nepovezani međunarodni putnički vozovi, pa putnički vozovi u unutrašnjem saobraćaju s nepovezanim međunarodnim putničkim i međunarodnim teretnim vozovima. Nakon toga vezuju se teretni vozovi u unutrašnjem saobraćaju, kao i svi nepovezani vozovi bez obzira na kategoriju.

Drugi način povezivanja jeste povezivanje svih vozova bez obzira na kategoriju voza. Ovaj način primenjen je prilikom testiranja, prema prikazanom planu.

4.1. Plan testiranja

1. Testiranje modela s verovatnoćom kašnjenja vozova od 20% i povezivanjem vozova bez obzira na kategoriju voza,
2. Testiranje modela s verovatnoćom kašnjenja vozova od 50% i povezivanjem vozova bez obzira na kategoriju voza,
3. Testiranje modela s verovatnoćom kašnjenja vozova od 90% i povezivanjem vozova bez obzira na kategoriju voza.
4. U tabeli 3 dati su uporedni pokazatelji rada testiranja programa.

Tabela 3 Uporedni pokazatelji rada

	Verovatnoća kašnjenja vozova		
POKAZATELJI	20%	50%	90%
Broj turnusa	13	8	12
Ukupno vreme rada (min)	26293	26383	27366
Ukupno vreme cekanja (min)	11229	12994	12955
Broj dana u turnusima	28	29	30
Potreban broj VV	28	29	30
Koef. vremenske iskorišćenosti VV	70.07	63.18	67.87

Polazeći od istog okvirnog reda vožnje, ali s različitim verovatnoćama kašnjenja vozova, potreba za vučnim vozilima razlikuje se. Drugim rečima, što su kašnjenja vozova veća, za realizaciju zadatog reda vožnje potrebno je angažovati više vučnih vozila.

5. ZAKLJUČAK

5. Ključna karakteristika ovog modela i programskog paketa jeste ta da je neizvesnost u aktuelnim vremenima polaska kao i dolaska voza u stanice smene vučnih vozila eksplicitno uzeta u obzir.
6. Programski paket je urađen u programskom jeziku Microsoft Visual Basic Verzija 6.0 uz podršku Microsoft Accessa. Program funkcioniše tako što poštuje hijerarhijske zahteve pojedinih kategorija vozova, tako i vremensku hronologiju saobraćaja vozova na mreži pruga na kojoj se koristi.

Poželjna vremena polazaka i dolazaka vozova programski se određuju u zavisnosti od zadate željene pouzdanosti i funkcije raspodele za zadatu relaciju i stanicu.

Povezivanje vozova u turnus rada vučnih vozila ne vrši se automatski već interaktivnim radom korisnika (konstruktora reda vožnje) i računara, da bi se u

slučajevima potrebe razdvajanja pojedinih kategorija vozova i njihovih vučnih vozila mogla izvršiti odvojena optimizacija.

7. Testiranje programa za optimizaciju turnusa vučnih vozila sprovedeno je u konkretnim uslovima na delu mreže JŽ koji obuhvata tri putna pravca: Beograd–Subotica, Beograd–Bar i Beograd–Niš, za urađen red vožnje 2000/01. Kategorije vozova koje su uzete u razmatranje jesu: međunarodni putnički i teretni vozovi, poslovni, putnički vozovi u unutrašnjem daljinskom saobraćaju, direktni i deonički teretni vozovi.
   Dinamički ulazni podaci za testiranje modela jesu: raspodele verovatnoća kašnjenja vozova i način povezivanja vozova u turnus.
   Model je testiran za različite verovatnoće kašnjenja vozova od 20%, 50% i 90%.
8. Rezultati testiranja modela pokazuju da je i za urađen red vožnje moguće izvršiti optimizaciju rada vučnih vozila, kao i da broj potrebnih vučnih vozila zavisi od verovatnoće obuhvatnosti kašnjenja vozova.
9. Značaj modela i paketa programa razvijen u ovom radu ogledaće se u mogućnosti njegove primene, uz izvesne modifikacije, na bilo koju mrežu železničkih pruga.

Literatura

[1] Božinović, B. i dr.; "Studija optimalnog turnusa vučnih vozila", Saobraćajni institut CIP, Beograd, 1988.
[2] Brannlund, U.; Nou, A.; Nilson, J.; Lindberg, O.; "Railway Timetabling Using Lagrangian Relaxation", *Transportation Science*, Vol. 32, No 4, November 1998
[3] Booler, J.: "The Solution of a Railway Locomotive Scheduling Problem", *Operational Research Soc. 46*, 1995, PP. 123-127
[4] Cordeau, J.; Toth, P.; Vigo, J.: "A Survey of Optimization Models for Train Routing and Scheduling", *Transportation Science*, Vol. 32, No 4, November 1998
[5] Interna statistika ŽTP-a, Pregled kretanja vozova s prevozom putnika koji se operativno prate, 1998.
[6] Kasalica Sandra, Dragomir Mandić, Istraživanje posledica zakašnjenja daljinskih putničkih vozova u dolasku i polasku na organizaciju vuče vozova, Železnice, Septembar-Oktobar, 2003.
[7] Kozain, E.; Higgins, A.: "Modeling Train Delays in Urban Networks", *Transportation Science*, 1998
[8] Mandić, D.: "Model poboljšanja rada vučnih vozila", *Železnice* 11, 1990.
[9] Mandić, D.: "Organizacija vuče vozova", Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 2002.
[10] Studija: "Idejni projekat informacionog podsistema za izradu reda vožnje", Saobraćajni institut CIP, 2000.
[11] Smith, S.; Sheffi Y.: "Locomotive Scheduling Under Uncertain Demand", *Transportation Research Rec.1251*, 1988, PP. 45-53
[12] Uputstvo 63 za rad operativne službe na JŽ, Beograd, 1976.
[13] Vukadinović, S.: "Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike", Privredni pregled, Beograd, 1990.
[14] Wright, B.: "Applying Stochastic Algorithms to a Locomotive Scheduling Problem", *Operational Research Soc. 40*, 1989, PP. 187-192

TEST RESULTS OF THE LOCOMOTIVE TURNS OPTIMISATION PROGRAM-LTOP

Sandra Kasalica

Abstract - *Considering a great cost of locomotives, as ascendancy of timetable on their usage, current scientific challenge is to upgrade their usage, which must be considered in real time, based on turn type organization in the oven of pulling the trains. Turn is specific type of organization of work and locomotives usage, and in fact, it is putting the complete workload to the closed chain, which is done periodically. The conception of turn type organization in the area of pulling the trains in practice was shown as the best, but as it is being worked for forth define timetable and without considering stohastics natural process of timetable, it leads to incompatibility in usage locomotives.*

Optimization methodology of turn of locomotives defined in this work and appointment model are able for optimization of turn of locomotives during the process of making timetable including train delaying, which was not the case until now. In that way it is able to view and minimize incompatibility of using locomotives.

Key words: railway, pulling the trains, trains delaying, time distribution of trains delaying, turn, optimization, model, programme package

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

A MODEL OF RAILWAY TRACK OF SANDWICH TYPE AND IT'S DYNAMICS EXCITED BY MOVING LOAD

Katica (Stevanović) Hedrih[1]

Abstract *– The analytical and numerical analysis of free and forced transversal vibrations of an elastically connected double beam system is presented, as a model of railway track of sandwich type and its dynamics excited by moving load. The analytical solutions of the system coupled partial differential equations of corresponding dynamical free and forced processes are obtained by using the method of Bernoulli's particular integral and Lagrange's method of variation constants.*

Keywords - Railway track, double beam system, moving load, transversal vibrations, analytical solution.

1. INTRODUCTION

Nowadays, the interest of engineers and researchers is focused on the dynamic of railway track. The analytical and numerical analysis allows us to evaluate the track properties in a range of moderate and high speed train. In the beginning of the Introduction of the paper by Bajer and Bogacz (2004) we can read that nowadays high speed trains and increasing load carrying capacity are main reason of damages of track and noise emission.

In the paper by Nielsen and Oscarsson (2004) we can read that the main objective of train-track interaction modeling is to combine the components of the compound structure so that their complex dynamic interaction is represented properly. This calls for detailed mathematical models of train and track when train –track interaction is simulated in a wide frequency range. With the model presented in the cited paper, the influence of load parameters such as train speed, axle load, axle base distance, rail corrugations and wheel flats on the response of various track components is investigated. A complex modal superposition is adopted to decouple the equations of the motion of the linear track model with a non-proportional spatial distribution of viscous damping.

The state dependent properties are accounted for by applying equivalent transient external forces to the corresponding nodes of the linear finite element model of the track. Simulations are carried out in the time domain with a moving mass model. The need for a state dependent track model is discussed with respect to reported field and laboratory measurements.

In the paper by Bajer and Bogacz (2004), the classic and reinforced railway track is composed of two infinite rails separated from sleepers' vy viscoelastic pads. The numerous assumptions leading to different simplifications in railway track modeling are present. The rails are modeled as infinite Timoshenko beams, sleepers by lumped masses or elastic bodies and Ballast as a visco-elastic foundation.

Several train and track models of different detail for simulation of train-track interaction have been proposed by various researchers, see for example the literature surveys by Knothe and Grassie (1993) and Popp et al. (1999). Most of these models are linear except for the conditions at the wheel-rail contact.

In this paper a moving mass model is adopted, where the vehicle model is moving along the track model considering a model of railway track of sandwich type. Also, the dynamics of the railway track model of sandwich type excited by moving load is studied. The transversal vibrations of elastically connected double-beam system excited by moving load are studied. The analytical solutions of the system coupled partial differential equations of corresponding dynamical free and forced processes are obtained by using the method of Bernoulli's particular integral and Lagrange's method of variation constants.

2. THEORETICAL PROBLEM FORMULATION AND GOVERNING EQUATIONS

Let's consider two same, homogeneous, isotropic, elastic, beams, modulus of elasticity E, Poisson's ratio μ and shear modulus G, beam mass distribution ρ, cross section area moment inertia I. The beams are of constant cross sections in the normal of z-direction. In the undeformed states the axes of the beams are parallel. The beams are interconnected by a linear elastic layer of Winkler type with constant surface stiffness c along length beam. This elastically connected double beam system is composite structure type, or sandwiched beams, or layered beams. The double beams system is founded on the linear elastic layer of Winkler type with constant surface stiffness c_0 along length beam.

The origins of the two coordinate systems are two corresponding sets at the corresponding centers in the nondeformed beams middle surfaces. The coordinate systems are with parallel corresponding axes. Both beams may be subjected to transversal distributed external loads $q_i(x,t)$, $i=1,2$ along corresponding beams external surfaces and length. The problem at hand is to determine solutions and the own vibration frequencies for such a double beams system elastically connected by elastic spring layer distributed along beams contour surfaces.

The use of Bernoulli- Euler model and approximation make classical beam theory essentially a one dimensional phenomenon, in which the normal and transverse forces and bending moment on beam cross sections (see Ref. book by Rašković (1965) and (1985)) can be found in term of the displacement $w_i(x,t)$, $i=1,2$ of the middle surface points, which is assumed to be a function of one coordinate, x and time t.

[1] Faculty of Mechanical Engineering University of Niš, Mathematical Institute SANU, Yu-18 000 - Niš, ul. Vojvode Tankosića 3/22, Serbia and Montenegro, Yugoslavia, Telefax: 381 18 41 663 / Mobile 063 8 75 75 99, e-mail: katica@masfak.ni.ac.yu * e-mail(home): khedrih@eunet.yu

The beams are assumed to be with the same contour forms and boundary conditions.

Let us suppose that the beam middle surfaces are planes in the underformed state system. If the beams transverse deflections $w_i(x,t)$, $i=1,2$ are small (with means, as has been discussed in books by Rašković (1965) and (1985), small compared to the beam length) and that beams vibrations occur only in the one direction.

Let us denote with $\mathsf{B}=EA$, $i=1,2$ corresponding flexural rigidity of beams.

On the basis of the previous consideration, we suppose that beam displacements $u_i(x,y,z,t)$, $i=1,2$ and $v_i(x,y,z,t)$, $i=1,2$ of the corresponding beam point $N_i(x,y,z)$, $i=1,2$ in the direction of the coordinate axes are equal to zero.

The governing equations are formulated in terms of two unknowns: the transversal displacement $w_i(x,t)$, $i=1,2$ in direction of the axis z, of the upper beam middle surface and of the lower beam middle surface. The system of two coupled partial differential equations is derived by using d'Alembert's principle or by variational principle (see books by Rašković (1965) and (1985)). These partial differential equations of the elastically connected double beam system are in the following forms:

$$\rho_1 A_1 \frac{\partial^2 w_1(x,t)}{\partial t^2} + \mathsf{B}_1 \frac{\partial^4 w_1(x,t)}{\partial x^4} - c[w_2(x,t) - w_1(x,t)] = q_1(x,t) \qquad (1)$$

$$\rho_2 A_2 \frac{\partial^2 w_2(x,t)}{\partial t^2} + \mathsf{B}_2 \frac{\partial^4 w_2(x,t)}{\partial x^4} + c[w_2(x,t) - w_1(x,t)] + c_0 w_2(x,t) = -q_2(x,t)$$

Let us introduce the following denotations: $a_{(i)}^2 = \frac{c}{\rho_i A_i}$, $i=0,1,2$ and $c_{(i)}^4 = \frac{\mathsf{B}_i}{\rho_i A_i}$, $i=1,2$ and by decoupling equations of the previous system of the equations (1) we obtain corresponding associated two partial differential equations as a basic to the decoupled beam system, which describes two partial beams founded on the elastic foundation of the Wincler type. These partial differential equations are in the following forms:

$$\frac{\partial^2 w_1(x,t)}{\partial t^2} + c_{(1)}^4 \frac{\partial^4 w_1(x,t)}{\partial x^4} + a_{(1)}^2 w_1(x,t) = 0$$

$$\frac{\partial^2 w_2(x,t)}{\partial t^2} + c_{(2)}^4 \frac{\partial^4 w_2(x,t)}{\partial x^4} + \left[a_{(2)}^2 + a_{(0)}^2\right] w_2(x,t) = 0 \qquad (2)$$

Solutions of the previous systems of partial-differential equations can be looked for Bernoulli's method of particular integrals in the form of multiplication of two corresponding functions, from which the first $\mathbf{W}_{(i)}(x)$, $i=1,2$ depends only on space coordinate x, and the second is time function $T_{(i)}(t)$, $i=1,2$:

$$w_1(x,t) = \mathrm{W}_{(1)}(x)\mathrm{T}_{(1)}(t)$$
$$w_2(x,t) = \mathrm{W}_{(2)}(x)\mathrm{T}_{(2)}(t) \qquad (3)$$

The assumed solution is introduced in previous systems of the equations (1), and also in (2) and after transformation we obtain the following:

$$\frac{\ddot{\mathrm{T}}_{(1)}(t)}{\mathrm{T}_{(1)}(t)} + c_{(1)}^4 \frac{\dfrac{d^4 \mathrm{W}_{(1)}(x)}{dx^4}}{\mathrm{W}_{(1)}(x)} + a_{(1)}^2 = a_{(1)}^2 \frac{\mathrm{W}_{(2)}(x)}{\mathrm{W}_{(1)}(x)} \frac{\mathrm{T}_{(2)}(t)}{\mathrm{T}_{(1)}(t)}$$

$$\frac{\ddot{\mathrm{T}}_{(2)}(t)}{\mathrm{T}_{(2)}(t)} + c_{(2)}^4 \frac{\dfrac{d^4 \mathrm{W}_{(2)}(x)}{dx^4}}{\mathrm{W}_{(2)}(x)} + a_{(2)}^2 + a_{(0)}^2 = a_{(2)}^2 \frac{\mathrm{W}_{(1)}(x)}{\mathrm{W}_{(2)}(x)} \frac{\mathrm{T}_{(1)}(t)}{\mathrm{T}_{(2)}(t)} \qquad (4)$$

as well the following:

$$\frac{\ddot{\mathrm{T}}_{(1)}(t)}{\mathrm{T}_{(1)}(t)} + c_{(1)}^4 \frac{\dfrac{d^4 \mathrm{W}_{(1)}(x)}{dx^4}}{\mathrm{W}_{(1)}(x)} + a_{(1)}^2 = 0$$

$$\frac{\ddot{\mathrm{T}}_{(2)}(t)}{\mathrm{T}_{(2)}(t)} + c_{(2)}^4 \frac{\dfrac{d^4 \mathrm{W}_{(2)}(x)}{dx^4}}{\mathrm{W}_{(2)}(x)} + a_{(2)}^2 + a_{(0)}^2 = 0 \qquad (5)$$

After introducing the notation of the characteristic constants: $\omega_{(i)}^2$ as well as $k_{(i)}^4$, $i=1,2$, and k_T and k_W, we can write the following systems:

a* two second order differential equations of the unknown time-functions $T_{(i)}(t)$, $i=1,2$:

$$\ddot{\mathrm{T}}_{(1)}(t) + \omega_{(1)}^2 \mathrm{T}_{(1)}(t) = 0$$
$$\ddot{\mathrm{T}}_{(2)}(t) + \omega_{(2)}^2 \mathrm{T}_{(2)}(t) = 0 \qquad (6)$$

and b* Two four order partial differential equations of the unknown amplitude eigenfunctions $\mathbf{W}_{(i)}(x)$, $i=1,2$ of space coordinate x in the form:

$$c_{(1)}^4 \frac{\mathrm{W}^{IV}{}_{(1)}(x)}{\mathrm{W}_{(1)}(x)} + a_{(1)}^2 - \omega_{(1)}^2 = a_{(1)}^2 k_T^2 k_W^2 \qquad k_W^2 = \frac{\mathrm{W}_{(2)}(x,y)}{\mathrm{W}_{(1)}(x,y)} \qquad (7)$$

$$c_{(2)}^4 \frac{\mathrm{W}^{IV}{}_{(2)}(x)}{\mathrm{W}_{(2)}(x)} + a_{(2)}^2 + a_{(0)}^2 - \omega_{(2)}^2 = a_{(2)}^2 \frac{1}{k_T^2 k_W^2} \qquad k_T^2 = \frac{\mathrm{T}_{(2)}(t)}{\mathrm{T}_{(1)}(t)}$$

$$\left[c_{(1)}^4 \frac{\mathrm{W}^{IV}{}_{(1)}(x)}{\mathrm{W}_{(1)}(x)} + a_{(1)}^2 - \omega_{(1)}^2\right]\left[c_{(2)}^4 \frac{\mathrm{W}^{IV}{}_{(2)}(x)}{\mathrm{W}_{(2)}(x)} + a_{(2)}^2 + a_{(0)}^2 - \omega_{(2)}^2\right] = a_{(1)}^2 a_{(2)}^2$$ a

nd corresponding basic system,

$$c_{(1)}^4 \frac{\mathrm{W}^{IV}{}_{(1)}(x)}{\mathrm{W}_{(1)}(x)} + a_{(1)}^2 - \omega_{(1)}^2 = 0$$

$$c_{(2)}^4 \frac{\mathrm{W}^{IV}{}_{(2)}(x)}{\mathrm{W}_{(2)}(x)} + a_{(2)}^2 + a_{(0)}^2 - \omega_{(2)}^2 = 0 \qquad (8)$$

After analysis of the previous obtained system equations we can write the corresponding systems of the basic decoupled system equations (6) and corresponding to (8) in the form:

$$\mathrm{W}^{IV}{}_{(1)}(x,y) - k_{(1)}^4 \mathrm{W}_{(1)}(x,y) = 0 \qquad \omega_{(1)}^2 = k_{(1)}^4 c_{(1)}^4 + a_{(1)}^2 \qquad (9)$$

$$\mathrm{W}^{IV}{}_{(2)}(x,y) - k_{(2)}^4 \mathrm{W}_{(2)}(x,y) = 0 \qquad \omega_{(2)}^2 = k_{(2)}^4 c_{(2)}^4 + a_{(2)}^2 + a_{(0)}^2$$

Own cyrcular frequencies of the corresponding basic system of the decoupled beams system are:

$$\omega_{(1)}^2 = k_{(1)}^4 c_{(1)}^4 + a_{(1)}^2 = k_{(1)}^4 \frac{\mathsf{B}_{0(1)}}{\rho_1 A_1} = k_{(1)}^4 \frac{\mathbf{E}_{0(1)}\mathbf{I}_1}{\rho_1 A} + \frac{c}{\rho_1 A_1} \qquad (10)$$

$$\omega_{(2)}^2 = k_{(2)}^4 c_{(2)}^4 + a_{(2)}^2 + a_{(0)}^2 = k_{(2)}^4 \frac{\mathsf{B}_{0(2)}}{\rho_2 h_2} = k_{(2)}^4 \frac{\mathbf{E}_{0(2)}\mathbf{I}_2}{\rho_2 A_2} + \frac{c}{\rho_2 A_2} + \frac{c_0}{\rho_2 A_2}$$

It is easy to find the following time functions $T_{(i)}(t)$, $i=1,2$:

$$\mathrm{T}_{(1)}(t) = A_{(1)} \cos \omega_{(1)} t + B_{(1)} \sin \omega_{(1)} t$$
$$\mathrm{T}_{(2)}(t) = A_{(2)} \cos \omega_{(2)} t + B_{(2)} \sin \omega_{(2)} t \qquad (11)$$

3. PARTICULAR SOLUTIONS OF GOVERNING SYSTEM OF THE COUPLED PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS FOR FREE SYSTEM OSCILLATIONS

Now, we are going to consider the following system of coupled partial differential equations:

$$\frac{\partial^2 w_1(x,t)}{\partial t^2} + c_{(1)}^4 \frac{\partial^4 w_1(x,t)}{\partial x^4} - a_{(1)}^2 [w_2(x,t) - w_1(x,t)] = 0 \qquad (12)$$

$$\frac{\partial^2 w_2(x,t)}{\partial t^2} + c_{(2)}^4 \frac{\partial^4 w_2(x,t)}{\partial x^4} + a_{(2)}^2[w_2(x,t) - w_1(x,t)] + a_{(0)}^2 w_2(x,t) = 0$$

which correspond to free vibrations of the free double beam system vibrations.

For the solutions of the governing system of the corresponding coupled partial differential equations (13) for free double beams oscillations, we take in the eigen amplitude function $\mathbf{W}_{(i)n}(x)$, $i = 1,2$, $n = 1,2,3,4,....\infty$ expansion with time coefficients in the form of unknown time functions $T_{(i)n}(t)$, $i = 1,2$, $n = 1,2,3,4,....\infty$ describing their time evolution:

$$w_1(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} \mathbf{W}_{(1)n}(x)\mathbf{T}_{(1)n}(t)$$

$$w_2(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} \mathbf{W}_{(2)n}(x)\mathbf{T}_{(2)n}(t) \qquad (13)$$

where the eigen amplitude function $\mathbf{W}_{(i)n}(x)$, $i = 1,2$, $n = 1,2,3,4,....\infty$ are the same as in the case with decoupled beams problem. Then after introducing the (13) into governing system (12) of the coupled partial differential equations for free double beams oscillations, and by multiplying first and second equation with $\mathrm{W}_{(i)s}(x)dx$ and after integraling along beam lengh and taking into acount own amplitude functions orthogonality conditions and corresponding equal boundary conditions of the beams we obtain the n-family of the systems containing coupled two ordinary differential equations for determination of the unknown time functions $T_{(i)n}(t)$, $i = 1,2$, $n = 1,2,3,4,....\infty$ in the following form:

$$\ddot{\mathrm{T}}_{(1)n}(t) + \left[c_{(1)}^4 k_{(1)n}^4 + a_{(1)}^2\right]\mathrm{T}_{(1)n}(t) - a_{(1)}^2\,\mathrm{T}_{(2)n}(t) = 0$$

$$\ddot{\mathrm{T}}_{(2)n}(t) + \left[c_{(2)}^4 k_{(2)n}^4 + a_{(2)}^2 + a_{(0)}^2\right]\mathrm{T}_{(2)n}(t) - a_{(2)}^2\,\mathrm{T}_{(1)n}(t) = 0$$

$$n = 1,2,3,4,....\infty$$

or

$$\ddot{\mathrm{T}}_{(1)n}(t) + \omega_{(1)n}^2\,\mathrm{T}_{(1)n}(t) - a_{(1)}^2\,\mathrm{T}_{(2)n}(t) = 0 \qquad (14)$$

$$\ddot{\mathrm{T}}_{(2)n}(t) + \omega_{(2)n}^2\,\mathrm{T}_{(2)n}(t) - a_{(2)}^2\,\mathrm{T}_{(1)n}(t) = 0 \qquad n = 1,2,3,4,....\infty$$

By using elimination of the time function $\mathrm{T}_{(2)n}(t)$ from previous n-family of the system of coupled second order ordinary differential equations, we obtain n-family of one four order ordinary differential equation in the form of:

$$\dddot{\mathrm{T}}_{(1)n}(t) + \left[\omega_{(1)n}^2 + \omega_{(2)n}^2\right]\ddot{\mathrm{T}}_{(1)n}(t) + \left[\omega_{(1)n}^2\omega_{(2)n}^2 - a_{(1)}^2 a_{(2)}^2\right]\mathrm{T}_{(2)n}(t) = 0 \qquad (15)$$

with corresponding n-family frequency equation in the form polinomial, biquadratic equation with respect to unknown own circular frequencies $\tilde{\omega}_n^2$, $n = 1,2,3,4,....\infty$:

$$\tilde{\omega}_n^4 + \left[\omega_{(1)n}^2 + \omega_{(2)n}^2\right]\tilde{\omega}_n^2 + \left[\omega_{(1)n}^2\omega_{(2)n}^2 - a_{(1)}^2 a_{(2)}^2\right] = 0 \qquad (16)$$

and every of the sets with two roots of previous n-family frequency equation $\tilde{\omega}_{n(s)}^2$, $n = 1,2,3,4,....\infty$, $s = 1,2$ are:

$$\tilde{\omega}_{n(1,2)}^2 = \frac{\left[\omega_{(1)n}^2 + \omega_{(2)n}^2\right] \mp \sqrt{\left[\omega_{(1)n}^2 + \omega_{(2)n}^2\right]^2 - 4\left[\omega_{(1)n}^2\omega_{(2)n}^2 - a_{(1)}^2 a_{(2)}^2\right]}}{2}$$

or in the form:

$$\tilde{\omega}_{n(1,2)}^2 = \frac{\left[\omega_{(1)n}^2 + \omega_{(2)n}^2\right] \mp \sqrt{\left[\omega_{(1)n}^2 - \omega_{(2)n}^2\right]^2 + 4a_{(1)}^2 a_{(2)}^2}}{2} \qquad (17)$$

or in the form

We can compose formally the system equation (16) by the following matrices of the inertia $\mathbf{A}_n$ and $\mathbf{C}_n$ quazielastic coefficients of the dynamical system correspondyng to the n-family, with two degrees of freedom:

$$\mathbf{A}_n = \begin{pmatrix} \mathbf{1} & \\ & \mathbf{1} \end{pmatrix} \qquad \mathbf{C}_n = \begin{pmatrix} \omega_{(1)n}^2 & -a_{(1)}^2 \\ -a_{(2)}^2 & \omega_{(2)n}^2 \end{pmatrix} \qquad (18)$$

and by usung the solutions in the form of:

$$\mathrm{T}_{(1)n}(t) = A_{(1)n}\cos(\tilde{\omega}_n t + \alpha_n)$$

$$\mathrm{T}_{(2)n}(t) = A_{(2)n}\cos(\tilde{\omega}_n t + \alpha_n) \qquad (19)$$

where $\tilde{\omega}_n^2$, $n = 1,2,3,4,....\infty$ are unknown own circular frequencies, $A_{(i)n}$ unknown amplitude, and α_n unknown phases. Then frequency equation of the mn-family is in the form of:

$$f_n(\tilde{\omega}_n^2) = \left|\mathbf{C}_m - \tilde{\omega}_n^2\mathbf{A}_n\right| = \begin{vmatrix} \omega_{(1)n}^2 - \tilde{\omega}_n^2 & -a_{(1)}^2 \\ -a_{(2)}^2 & \omega_{(2)n}^2 - \tilde{\omega}_n^2 \end{vmatrix} = 0 \qquad (20)$$

The previous frequency equation in the developed form is equal to equations (16) with the sets of the two roots $\tilde{\omega}_{n(s)}^2$, $n = 1,2,3,4,....\infty$, $s = 1,2$ in expressed by (17).

The relations of the amplitudes of the every sets are in the form:

$$\frac{\mathrm{A}_{(1)n}^{(s)}}{a_{(1)}^2} = \frac{\mathrm{A}_{(2)n}^{(s)}}{\left[\omega_{(1)n}^2 - \tilde{\omega}_{n(s)}^2\right]} = C_{(s)}, \quad n = 1,2,3,4,....\infty, s = 1,2. \qquad (21)$$

If we take into acount that is: $\mathrm{A}_{(1)n}^{(1)} = \mathrm{A}_{(1)n}^{(2)} = 1$, then we obtain:

$$A_{(2)n}^{(1)} = \frac{\left[\omega_{(1)n}^2 - \omega_{(2)n}^2\right]}{2a_{(1)}^2} + \frac{1}{2}\sqrt{\left[\frac{\omega_{(1)n}^2 - \omega_{(2)n}^2}{a_{(1)}^2}\right]^2 + 4\frac{a_{(2)}^2}{a_{(1)}^2}}$$

$$A_{(2)n}^{(2)} = \frac{\left[\omega_{(1)n}^2 - \omega_{(2)n}^2\right]}{2a_{(1)}^2} - \frac{1}{2}\sqrt{\left[\frac{\omega_{(1)n}^2 - \omega_{(2)n}^2}{a_{(1)}^2}\right]^2 + 4\frac{a_{(2)}^2}{a_{(1)}^2}} \qquad (22)$$

or in the form:

$$A_{(2)n}^{(1,2)} = \frac{\left\{k_{(1)n}^4\left[c_{(1)}^4 - c_{(2)}^4\right] + a_{(1)}^2 - a_{(2)}^2 - a_{(0)}^2\right\}}{2a_{(1)}^2} \pm$$

$$\pm\frac{1}{2}\sqrt{\left[\frac{k_{(1)n}^4\left[c_{(1)}^4 - c_{(2)}^4\right] + a_{(1)}^2 - a_{(2)}^2 - a_{(0)}^2}{a_{(1)}^2}\right]^2 + 4\frac{a_{(2)}^2}{a_{(1)}^2}} \qquad (23)$$

The solutions of the n-family mode time functions $T_{(i)n}(t)$, $i = 1,2$, $n = 1,2,3,4,....\infty$ are in the form of:

$$\mathrm{T}_{(1)n}(t) = \mathrm{A}_n\cos\tilde{\omega}_{n(1)}t + \mathrm{B}_n\sin\tilde{\omega}_{n(1)}t + \mathrm{C}_n\cos\tilde{\omega}_{n(2)}t + \mathrm{D}_n\sin\tilde{\omega}_{n(2)}t$$

$$\mathrm{T}_{(2)n}(t)=\mathrm{A}^{(1)}_{(2)n}\left[\mathrm{A}_n\cos\tilde{\omega}_{n(1)}t+\mathrm{B}_n\sin\tilde{\omega}_{n(1)}t\right]+ \\ +\mathrm{A}^{(2)}_{(2)n}\left[\mathrm{C}_n\cos\tilde{\omega}_{n(2)}t+\mathrm{D}_n\sin\tilde{\omega}_{n(2)}t\right] \tag{24}$$

where n-family mode $n=1,2,3,4,....\infty$ contains the following set of the unknown constants $\mathrm{A_n},\mathrm{B_n},\mathrm{C_n},\mathrm{D_n}$ deffined by initial beams conditions.

Then, the particular solutions of governing system of the coupled partial differential equations for free system oscillations corresponding to beam displacements:

$$w_1(x,t)=\sum_{n=1}^{\infty}\mathrm{W}_{(1)n}(x)\left[\mathrm{A}_n\cos\tilde{\omega}_{n(1)}t+\mathrm{B}_n\sin\tilde{\omega}_{m(1)}t+\mathrm{C}_n\cos\tilde{\omega}_{n(2)}t+\mathrm{D}_n\sin\tilde{\omega}_{n(2)}t\right]$$

$$w_2(x,t)=\sum_{n=1}^{\infty}\mathrm{W}_{(2)n}(x)\left\{\mathrm{A}^{(1)}_{(2)n}\left[\mathrm{A}_n\cos\tilde{\omega}_{n(1)}t+\mathrm{B}_n\sin\tilde{\omega}_{n(1)}t\right]+\mathrm{A}^{(2)}_{(2)n}\left[\mathrm{C}_n\cos\tilde{\omega}_{n(2)}t+\mathrm{D}_n\sin\tilde{\omega}_{n(2)}t\right]\right\} \tag{25}$$

where the set of the unknown constants $\mathrm{A_n},\mathrm{B_n},\mathrm{C_n},\mathrm{D_n}$ for n-family mode $n=1,2,3,4,....\infty$ are deffined by initial plates conditions functions, for middle plate point displacement $g_i(x)$ and for middle plate points velocity $\tilde{g}_i(x)$, $i=1,2$ satisfied boundary conditions, in the following form:

$$\mathrm{A_n}=\frac{\int_0^{\ell}\left[\mathrm{A}^{(2)}_{(2)n}\,g_1(x)-g_2(x)\right]\mathbf{W}_{(1)n}(x)dx}{\left[\mathrm{A}^{(2)}_{(2)n}-\mathrm{A}^{(1)}_{(2)n}\right]\int_0^{\ell}\left[\mathbf{W}_{(1)n}(x)\right]^2dx}$$

$$\mathrm{C_n}=\frac{\int_0^{\ell}\left[g_2(x)-\mathrm{A}^{(1)}_{(2)n}\,g_1(x)\right]\mathbf{W}_{(1)n}(x)dx}{\left[\mathrm{A}^{(2)}_{(2)n}-\mathrm{A}^{(1)}_{(2)n}\right]\int_0^{\ell}\left[\mathbf{W}_{(1)n}(x)\right]^2dx}$$

$$\mathrm{B_n}=\frac{\int_0^{\ell}\left[\mathrm{A}^{(2)}_{(2)n}\,\tilde{g}_1(x)-\tilde{g}_2(x)\right]\mathbf{W}_{(1)n}(x)dx}{\tilde{\omega}_{n(1)}\left[\mathrm{A}^{(2)}_{(2)n}-\mathrm{A}^{(1)}_{(2)n}\right]\int_0^{\ell}\left[\mathbf{W}_{(1)n}(x)\right]^2dx} \tag{26}$$

$$\mathrm{D_n}=\frac{\int_0^{\ell}\left[\tilde{g}_2(x)-\mathrm{A}^{(1)}_{(2)n}\,\tilde{g}_1(x)\right]\mathbf{W}_{(1)n}(x)dx}{\tilde{\omega}_{n(2)}\left[\mathrm{A}^{(2)}_{(2)n}-\mathrm{A}^{(1)}_{(2)n}\right]\int_0^{\ell}\left[\mathbf{W}_{(1)n}(x)\right]^2dx}$$

The solutions (25) are the first main analytical results of our reserch of transversal vibrations of elastically connected double beams system. From analytical solutions (25), and corresponding expressions (26) of the constant we can conclude that for one n-family mode $n=1,2,3,4,....\infty$ - one own eigen amplitude function involves two own circular frequencies and the corresponding two-frequency time function $T_{(i)n}(t)$, $i=1,2$, $n=1,2,3,4,....\infty$, for each mode. We can conclude that elastically layer of Wincler type introduces into the system two eigen frequencies and two-frequency regime in evwry mode which corresponds the one own eigen amplitude function of the same n-family mode $n=1,2,3,4,....\infty$.

4. PARTICULAR SOLUTIONS OF GOVERNING SYSTEM OF THE COUPLED PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS FOR FORCED SYSTEM OSCILLATIONS

Our next defined task at the beginning is to derive analytical solution of the governing system of the coupled partial differential equations for forced system oscillations:

$$\frac{\partial^2 w_1(x,t)}{\partial t^2}+c^4_{(1)}\frac{\partial^4 w_1(x,t)}{\partial x^4}-a^2_{(1)}\left[w_2(x,t)-w_1(x,t)\right]=\tilde{q}_1(x,t) \tag{27}$$

$$\frac{\partial^2 w_2(x,t)}{\partial t^2}+c^4_{(2)}\frac{\partial^4 w_2(x,t)}{\partial x^4}+a^2_{(2)}\left[w_2(x,t)-w_1(x,t)\right]+a^2_{(0)}w_2(x,t) \\ =-\tilde{q}_2(x,t)$$

For the solutions of the governing system of the corresponding coupled partial differential equations (27) for forced double beams oscillations, we take in the eigen amplitude function $\mathbf{W}_{(i)n}(x)$, $i=1,2$, $n=1,2,3,4,....\infty$ expansion with time coefficients in the form of unknown time functions $T_{(i)n}(t)$, $i=1,2$, $n=1,2,3,4,....\infty$ describing their time evolution in the form (13), where the eigen amplitude function $\mathbf{W}_{(i)n}(x)$, $i=1,2$, $n=1,2,3,4,....\infty$ are the same as in the case with decoupled beams problem. Then after introducing the (13) into following governing system of the coupled partial differential equations for forced double beams oscillations in the form (27), and in the same procedure as in the previous chapter we obtain the following system of nonhomogeneous second order ordinary differential equations with respect to the time functions $T_{(i)n}(t)$, $i=1,2$, $n=1,2,3,4,....\infty$ for the n-family mode in the following form:

$$\ddot{\mathrm{T}}_{(1)n}(t)+\omega^2_{(1)n}\,\mathrm{T}_{(1)n}(t)-a^2_{(1)}\,\mathrm{T}_{(2)n}(t)=f_{(1)n}(t)$$

$$\ddot{\mathrm{T}}_{(2)n}(t)+\omega^2_{(2)n}\,\mathrm{T}_{(2)n}(t)-a^2_{(2)}\,\mathrm{T}_{(1)n}(t)=f_{(2)n}(t) \tag{28}$$

where time known function $f_{(1)n}(t)$ and $f_{(2)n}(t)$ are defined by following expressions: (29)

$$f_{(1)n}(t)=\frac{\int_0^{\ell}\tilde{q}_1(x,t)\,\mathrm{W}_{(1)n}(x)dx}{\int_0^{\ell}\left[\mathrm{W}_{(1)n}(x)\right]^2dx},\quad f_{(2)n}(t)=\frac{\int_0^{\ell}\tilde{q}_2(x,t)\,\mathrm{W}_{(2)n}(x)dx}{\int_0^{\ell}\left[\mathrm{W}_{(2)n}(x)\right]^2dx}$$

The system of second order homogeneous ordinary differential equations (12) correspond to the system of second order nonhomogeneous ordinary differential equations for the n-family mode in the form (28) and then to the solutions of the eqs. (28) in the form (24) we will apply the Lagrange's method of the variations of the constants $\mathrm{A_n},\mathrm{B_n},\mathrm{C_n},\mathrm{D_n}$ for a n-family mode $n=1,2,3,4,....\infty$. We propose that $\mathrm{A_n}(t),\mathrm{B_n}(t),\mathrm{C_n}(t),\mathrm{D_n}(t)$ are time functions and by using result from paper Hedrih (2004) for the coefficients $\mathrm{A_n}(t),\mathrm{B_n}(t),\mathrm{C_n}(t),\mathrm{D_n}(t)$ we have the following:

$$\mathrm{A}_n(t)=\mathrm{A}_{0n}+\frac{\int_0^{t}\left[\mathrm{A}^{(2)}_{(2)n}\,f_{(1)n}(\tau)-f_{(2)n}(\tau)\right]\cos\tilde{\omega}_{n(1)}\tau d\tau}{\tilde{\omega}_{n(1)}\left[\mathrm{A}^{(2)}_{(2)n}-\mathrm{A}^{(1)}_{(2)n}\right]}$$

$$B_n(t) = B_{0n} - \frac{\int_0^t \left[A^{(2)}_{(2)n} f_{(1)n}(\tau) - f_{(2)n}(\tau)\right] \sin \tilde{\omega}_{n(1)} \tau d\tau}{\tilde{\omega}_{n(1)} \left[A^{(2)}_{(2)n} - A^{(1)}_{(2)n}\right]}$$

$$C_n(t) = C_{0n} - \frac{\int_0^t \left[A^{(1)}_{(2)n} f_{(1)n}(\tau) - f_{(2)n}(\tau)\right] \cos \tilde{\omega}_{n(2)} \tau d\tau}{\tilde{\omega}_{m(2)} \left[A^{(2)}_{(2)n} - A^{(1)}_{(2)n}\right]} \qquad (30)$$

$$D_n(t) = D_{0n} + \frac{\int_0^t \left[A^{(1)}_{(2)n} f_{(1)n}(\tau) - f_{(2)n}(\tau)\right] \sin \tilde{\omega}_{n(2)} \tau d\tau}{\tilde{\omega}_{m(2)} \left[A^{(2)}_{(2)n} - A^{(1)}_{(2)n}\right]}$$

$$n = 1,2,3,4,....\infty$$

where $A_{0n}, B_{0n}, C_{0n}, D_{0n}$ are integral constant.

Then, the particular solutions of governing system of the coupled partial differential equations for forced system oscillations corresponding to beam displacements are:

$$w_1(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} W_{(1)n}(x) \left[A_{0n} \cos \tilde{\omega}_{n(1)} t + B_{0n} \sin \tilde{\omega}_{m(1)} t + C_{0n} \cos \tilde{\omega}_{m(2)} t + D_{0n} \sin \tilde{\omega}_{m(2)} t\right] +$$
$$+ \sum_{n=1}^{\infty} W_{(1)n}(x) \left\{ \frac{\int_0^t \left[A^{(2)}_{(2)n} f_{(1)n}(\tau) - f_{(2)n}(\tau)\right] \cos \tilde{\omega}_{n(1)} (t-\tau) d\tau}{\tilde{\omega}_{m(1)} \left[A^{(2)}_{(2)n} - A^{(1)}_{(2)n}\right]} \right\} -$$
$$- \sum_{n=1}^{\infty} W_{(1)n}(x) \left\{ \frac{\int_0^t \left[A^{(1)}_{(2)n} f_{(1)n}(\tau) - f_{(2)n}(\tau)\right] \cos \tilde{\omega}_{m(2)} (t-\tau) d\tau}{\tilde{\omega}_{n(2)} \left[A^{(2)}_{(2)n} - A^{(1)}_{(2)n}\right]} \right\} \qquad (31)$$

$$w_1(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} W_{(1)n}(x) \left\{ A^{(1)}_{(2)n} \left[A_{0n} \cos \tilde{\omega}_{n(1)} t + B_{0n} \sin \tilde{\omega}_{n(1)} t\right]\right\} +$$
$$+ \sum_{n=1}^{\infty} W_{(1)n}(x) \left\{ A^{(2)}_{(2)n} \left[C_{0n} \cos \tilde{\omega}_{n(2)} t + D_{0n} \sin \tilde{\omega}_{n(2)} t\right]\right\} +$$
$$+ \sum_{n=1}^{\infty} W_{(1)n}(x) \left\{ A^{(1)}_{(2)n} \frac{\int_0^t \left[A^{(2)}_{(2)n} f_{(1)n}(\tau) - f_{(2)n}(\tau)\right] \cos \tilde{\omega}_{m(1)} (t-\tau) d\tau}{\tilde{\omega}_{n(1)} \left[A^{(2)}_{(2)n} - A^{(1)}_{(2)n}\right]} \right\} -$$
$$- \sum_{n=1}^{\infty} W_{(1)n}(x) \left\{ A^{(2)}_{(2)n} \frac{\int_0^t \left[A^{(1)}_{(2)n} f_{(1)n}(\tau) - f_{(2)n}(\tau)\right] \cos \tilde{\omega}_{m(2)} (t-\tau) d\tau}{\tilde{\omega}_{n(2)} \left[A^{(2)}_{(2)n} - A^{(1)}_{(2)n}\right]} \right\}$$

The solutions (31) are the second main analytical results of our reserch of transversal forced vibrations of elastically connected double beams system. From analytical solutions (31), and corresponding expressions (30) of the time dependent coeficientss we can conclude that for one n-family mode $n = 1,2,3,4,....\infty$ the one own eigen amplitude function involves two own circular frequencies and the corresponding number of forced frequency as well as a corresponding multy-frequency time function $T_{(i)n}(t)$, $i = 1,2$, $n = 1,2,3,4,....\infty$. We can conclude that elastically layer of Wincler type introduce into system in the duplication of the number circular frequency which correspond to the one own eigen amplitude function of the n-family mode $m = 1,2,3,4,....\infty$.

5. SPECIAL CASE: A MODEL OF RAILWAY TRACK OF SENDWICH TYPE EXCITED BY MOVING LOAD

For the case that the external excitations are one frequency force moving along upper beam contour lengh, with vonstant velocity v_0 than the time known function $f_{(1)n}(t)$ and $f_{(2)n}(t)$ are defined by following expressions:

$$f_{(1)n}(t) = 2mr\Omega^2 \cos \Omega t \, W_{(1)n}(v_0 t) \qquad (32)$$
$$f_{(2)n}(t) = 0$$

Then, the particular solutions of governing system of the coupled partial differential equations for forced system oscillations corresponding to beam displacements for the case that the external excitation is one frequency force moving along upper beam contour lengh, with constant velocity v_0, are in the form:

$$w_1(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} W_{(1)n}(x) \left[A_{0n} \cos \tilde{\omega}_{n(1)} t + B_{0n} \sin \tilde{\omega}_{m(1)} t + C_{0n} \cos \tilde{\omega}_{m(2)} t + D_{0n} \sin \tilde{\omega}_{m(2)} t\right] +$$
$$+ \sum_{n=1}^{\infty} 2mr\Omega^2 W_{(1)n}(x) \left\{ \frac{\int_0^t \left[A^{(2)}_{(2)n} \cos \Omega\tau \, W_{(1)n}(v_0\tau)\right] \cos \tilde{\omega}_{n(1)} (t-\tau) d\tau}{\tilde{\omega}_{m(1)} \left[A^{(2)}_{(2)n} - A^{(1)}_{(2)n}\right]} \right\} -$$
$$+ \sum_{n=1}^{\infty} 2mr\Omega^2 W_{(1)n}(x) \left\{ \frac{\int_0^t \left[A^{(1)}_{(2)n} \cos \Omega\tau \, W_{(1)n}(v_0\tau)\right] \cos \tilde{\omega}_{m(2)} (t-\tau) d\tau}{\tilde{\omega}_{n(2)} \left[A^{(2)}_{(2)n} - A^{(1)}_{(2)n}\right]} \right\} \qquad (33)$$

$$w_1(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} W_{(1)n}(x) \left\{ A^{(1)}_{(2)n} \left[A_{0n} \cos \tilde{\omega}_{n(1)} t + B_{0n} \sin \tilde{\omega}_{n(1)} t\right]\right\} +$$
$$+ \sum_{n=1}^{\infty} W_{(1)n}(x) \left\{ A^{(2)}_{(2)n} \left[C_{0n} \cos \tilde{\omega}_{n(2)} t + D_{0n} \sin \tilde{\omega}_{n(2)} t\right]\right\} +$$
$$+ \sum_{n=1}^{\infty} 2mr\Omega^2 W_{(1)n}(x) \left\{ A^{(1)}_{(2)n} \frac{\int_0^t \left[A^{(2)}_{(2)n} \cos \Omega\tau \, W_{(1)n}(v_0\tau)\right] \cos \tilde{\omega}_{m(1)} (t-\tau) d\tau}{\tilde{\omega}_{n(1)} \left[A^{(2)}_{(2)n} - A^{(1)}_{(2)n}\right]} \right\} -$$
$$- \sum_{n=1}^{\infty} 2mr\Omega^2 W_{(1)n}(x) \left\{ A^{(2)}_{(2)n} \frac{\int_0^t \left[A^{(1)}_{(2)n} \cos \Omega\tau \, W_{(1)n}(v_0\tau)\right] \cos \tilde{\omega}_{m(2)} (t-\tau) d\tau}{\tilde{\omega}_{n(2)} \left[A^{(2)}_{(2)n} - A^{(1)}_{(2)n}\right]} \right\}$$

6. NUMERICAL EXPERIMENT AND VISUALISATIONS

By using MathCAD and possibilities for visualization of these numerical results, we can present as a time-history diagrams of the beam middle neutral surface points displacements.

Our intension is to make qualitative analysis of the numerical results and then we do not present numerical table results, but only graphical presentation of phenomenological uniqueness and characteristic varieties.

In Figures 1. and 2. the time history diagrams, diagrams of the beams middle neutral surface points corresponding to the time functions $T_{(1)}(t)$ and $T_{(2)}(t)$ for n-family of modes are presented in separate and also both in one picture . We can see that these time functions for free vibrations in n-shape mode are two-frequency regime for every shape of modes for the set of the n-family.

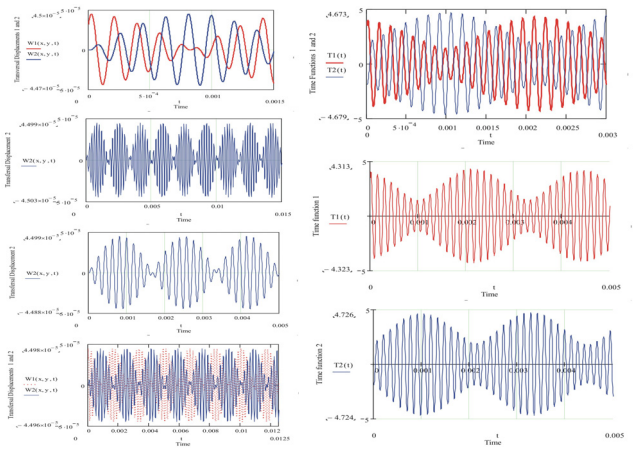


Figure 1. *The time history diagrams, diagrams of the beam middle neutral surface points corresponding to the time functions* $T_{(1)}(t)$ *and* $T_{(2)}(t)$ *for* n *-family of modes are presented in separate and also both in one picture*

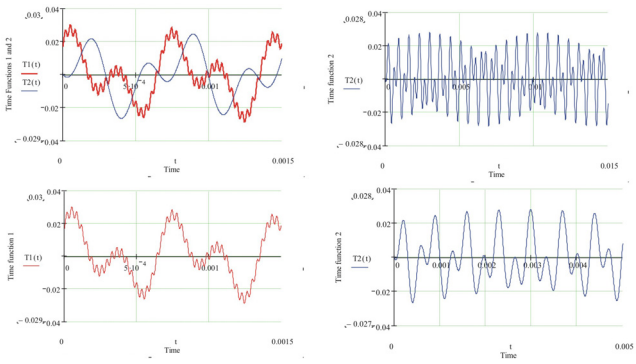


Figure 2. *The time history diagrams of the beam middle neutral surface points corresponding two time functions* $T_{(1)}(t)$ *and* $T_{(2)}(t)$ *for* n *-family of modes in the forced regime are presented in in separate and also both in one picture..*

We can conclude that the upper contour surface of the upper beam is excited by the external one frequency forced excitation in the amplitude n -family eigen amplitude function shape oscillations and excited oscillation process is three-frequency dynamic state of the beam oscillations. These oscillations frequencies are two eigen circular frequencies and one is forced circular frequency of the external forced excitations frequency.

7. CONCLUDING REMARKS

The analytical solutions of system coupled partial differential equations of corresponding dynamical free and forced processes are obtained by using method of Bernoulli's particular integral and Lagrange's method of variation constants. It is shown that one mode vibrations involves two-frequency regime for free and three-frequency for forced vibrations induced by initial conditions and one-frequency external excitation. The analytical solutions show us that the elastic connection between beams caused appearance of two-frequency regime of each time function which corresponds to one eigen amplitude function of one mode, and also that time functions of different vibrations modes are uncoupled. It is shown for every shape of vibrations. By using MathCAD program the corresponding visualizations of the characteristic forms of the beam middle neutral surfaces through time are presented.

Although the task is totally classical, it, in the time when computer data processing is possible, makes possible, that results obtained with other approximation methods like the finite element method which suppresses classical methods, but does not always give correct results, be tested by using solutions given in this paper. This way, results given in this paper obtain also a practical significance as a model of railway track of sandwich type. Also, when its dynamics is excited by moving load we can use obtained results.

Practical significance of this method of solving task is in the knowledge on multi-frequency character of oscillatory processes of such multi-beam systems, which are significant for application in vibroisolation of railway track-vehicle system with moving speed velocities. Also, practical significance of analytical expressions we derived is that they can be used for numerical data processing and for comparing the results obtained in this way with the results obtained by using the method of finite elements, which is presently widely used (see Bescos (1987) and (1989)).

Acknowledgment: *Parts of this research were supported by the Ministry of Sciences, Technologies and Development of Republic Serbia trough Mathematical Institute SANU Belgrade Grants No. 1616 and Faculty of Mechanical Engineering University of Niš Grant No. 1828.*

REFERENCES

[1] Bajer C. and Bogacz, (2004), Dynamics of Railway Track, Machine Dyanamics Probelms,Publishing House-WPW, 2004, Vol. 28, No. 1, 7-15.

[2] Beskos E.D., (1989), Dynamic analysis of beams, plates and shells in Boundary element methods in structural analysis, Beskos D.E. (Ed.) ASCE, New York *1999,* pp. 139-161.

[3] Janković, V. S., Potić, V. P. and Hedrih (Stevanović), K., *Partial differential equations and integro-differential equations with examples in engineering,* Univerzitet u Nišu, 1999, str. 347. (in Serbian).

[4] Nielsen J.C.O. and Oscarsson, (2004), Simulation of dynamic train-track interaction with state-dependent track properties, Journal of Sound and Vibration, 275(2004) 515-532.

[5] Rašković, **D.,** (1965), *Theory of Oscillations,* Nau~na knjiga, 1965, 503.(in Serbian).

[6] Hedrih (Stevanović), K., (2004a), *Transversal vibrations of elastically connected double-plate systems,* (to appear)

[7] Hedrih (Stevanović), K., (2004b), *Transversal vibrations of elastically connected double-plate systems with discontinuity-First part: Analytical approach*, (to appear)

[8] Hedrih (Stevanović) K., (2004), *Partial fractional order differential equations of transversal vibrations of creep connected double plates systems*, Workshop Preprints/Proceedings No 2004-1 IFAC FDA 04, ENSEIRB, Bordeaux France, July 19-21, 2004., pp. 299-304.

[9] Hedrih (Stevanović) K., (2004), *Transversal vibrations of elastically connected double-plate systems with discontinuity*-Conference on Nonlinear Dynamics, NTU "Kharkov Polytechnical Institute", 2004.

[10] Knothe K. and Grassie S.I., (1993), Modelling of railway track and vehicle/track interaction at high frequencies, Vehicle System Dynamics 22 (3-4) (1993) 209-262.

[11] Popp K, Kruse H. and Kraiser I. Vehicle-track dynamics in the mid-frequency range, , Vehicle System Dynamics 31 (5-6) (1999) 423-464.

[12] Katica (Stevanović) Hedrih, *One-frequency Nonlinear Forced Vibrations of Uniform Beams*, Theoretical and Applied Mechanics, No. 4, 1978., pp. 39-50.

[13] Katica Stevanović (Hedrih), *Two-Frequencies Forced Nonstationary Vibrations of the Beam,* Matemati~eskaÔ fizika, vip.12, Kiev, 1972, str. 127-140.

[14] Katica Stevanović (Hedrih), *Transversal Vibration Beam on the Elastic Foundation uned the Action of the Multi-Frequencies Forces with Frequencies form First Frequency Resonant Range of the Beam,* Matemati~eskaÔ fizika, vip.13, Kiev, 1973, str. 161-181.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

КОНЦЕПТ РАЗВОЈА ПРУГЕ БЕОГРАД ЦЕНТАР-ПАНЧЕВО-ВРШАЦ-ДР. ГРАНИЦА ЗА БРЗИНЕ ДО 120 km/h

Предраг Атанасковић[1], Сандра Касалица[2]

Резиме: *Пруга Београд Центар-Панчево Главна-Вршац-Др. граница као главна повезујућа пруга класе А (повезује саобраћајне коридоре X і VII са паневропским коридором IV који пролази кроз Темишвар) је од значаја како за нашу земљу тако и шире, за мрежу међународних пруга. Предметну пругу је неопходно модернизовати и извршити реконструкцију са аспекта постојећих геометријских елемената, потребних капацитета и ситема осигурања. У овом раду биће приказана концептна решења и инвестиционе вредности за предметну пругу за брзине до 120 km/h.*
Према овом концептном решењу траса постојеће пруге је задржана у постојећем коридору, уз оптимално задржавање постојеће трасе пруге. Пруга је према овом концептном решењу намењена за мешовит саобраћај, осовинско оптерећење од 22.5 t/os и слободан профил UIC-GC. Пруга је према овом концептном решењу предложена као електрифицирана и осигурана савременим системима СС и ТК.

Кључне речи: железница, инфраструктура, инвестиције, саобраћај, концептно решење

1. УВОД

Предметна пруга је од станице Београд Центар до стајалишта Панчевачки мост двоколосечна и електрифицирана. Од стајалишта Панчевачки Мост до станице Панчево Варош, пруга је електрифицирана као једноколосечна пруга. Овај део пруге функционише у систему "Беовоза", приградског саобраћаја Београда. Од станице Панчево Варош до Вршца (до државне границе) пруга је једноколосечна и неелектрифицирана.

У перспективи ову пругу је неопходно модернизовати и реконструисати са аспекта електрификације, осигурања пруге и подизања брзина на прузи, капацитета службених места, стања горењег и доњег строја, јер се иста налази на веома фрекфентном међународном коридору.

У овом раду биће приказани неопходни технолошки захртеви и потребне инвестиционе вредности на премдентој прузи како би дата пруга са аспекта безбедности саобраћаја, брзина кретања и времена путовања била компаративна осталим видовима саобраћаја на датом коридору.

2. ОСНОВНЕ САОБРАЋАЈНО - ЕКСПЛОАТАЦИОНЕ И ИНФРАСТРУКТУРНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПРУГЕ БЕОГРАД-ВРШАЦ

2.1. Обим рада

Службена места на прузи Београд Центар-Вршац-граница, која су отворена за радса колским пошиљкама су: Панчево Главна, Панчево Варош, Владимировац, Алибунар, Банатски Карловац,Ушма и Вршац.

Укупан рад станица на утовару и истовару робе по врстама саобраћаја на прузи Панчево Главна - Вршац приказан је уследећој табели за период од 1996 до 2001.године.

Године	*Укупана рад станица (тоне)*
1996	*945.104*
1997	*1.325.067*
1998	*2.583.584*
2000	*593.382*
2001	*860.621*

Највећи обим рада у посматраном периоду забележен је 1998. године, у станицама чвора Панчево.

У следећој табели приказан је број отпремљених путника годишње за 1996, 1997 и 2002 годину Највећи број отпремљених путника остварен је из стајалишта Вуков Споменик (станица Беовоза).

Година	*Број отпр. путника*
1996	*4.859.118*
1997	*4.229.270*
2002	*2.324.230*

2.2. Пропусна моћ

За прорачун пропусне моћи ове пруге коришћена је UIC метода за **ред вожње 2003 године**. Пропусна моћ приказана је за деонице:

- Београд Центар-Панчево Главна - 96 возова на дан
- Панчево Главна-Вршац - 48 возова на дан
- Вршац-Стара Моравита (SNCFR)- 34 возова на дан

2.3. Пруга

Постојећа железничка пруга Београд Центар-Панчево Главна-Вршац-Др. граница је једноколосечна, укупне дужине 102,144 km. Према Правилнику о

[1] мр Предраг Атанасковић дипл.инж, Саобраћајни Институт ЦИП, Београд, pedjaa@eunet.yu
[2] мр Сандра Касалица дипл.инж, Саобраћајни Институт ЦИП, Београд

категоризацији пруга 325, пруга (од станице Београд Дунав до државне границе) спада у магистралне главне пруге М-Г и припада магистралном правцу Е 66, док према објави UIC 700 припада категорији D2 са осовинском масомо од 22.5 t и масе по дужном метру од 6.4 t/m[1].

Генерално, правац пружања трасе је запад-исток на деоници од Београда до Вршца, а југ-север на деоници од Вршца до границе са Румунијом. На целој деоници, од станице Београд Центар до границе, налази се укупно 12 станица и 6 стајалишта којима су повезана сва насељена места у ширем коридору пруге. Као карактеристични објекти, издвајају се тунели на подручју БЖЧ-а (тунел "Стадион" дужине 290 m и "Врачар" дужине 3505 m) и мостови преко Дунава (Панчевачки мост дужине 1063 m), преко Тамиша дужине 242 m и преко канала ДТД дужине 103 m.

2.4. Траса

На појединим деоницама, зависно од значаја и околности у одређеном тренутку, примењене су мере модернизације. Деоница Београд Центар-Панчево Варош је електрифицирана и укључена у систем "Беовоза", приградског саобраћаја Београда. На деоници од станице Панчево Варош до Вршца, примењени радијуси хоризонталних кривина се крећу у распону од 500 до 3000 m. За минимални радијус од 500 m примењена је прелазна кривина дужине 130 m, што омогућава брзину најбржег воза од 100 km/h. Изузетак су две кривине на излазу из станице Панчево Варош и једна на улазу у станицу Вршац које су полупречника 300 m где је брзина смањена на 80 km/h као и кривина у станици Алибунар радијуса 350 m где је брзина смањена на 90 km/h.

Преломи нивелете су чести (има их на растојањима и до 200 m), а максимални нагиб нивелете износи 10 ‰. Кота нивелете у станици Београд Центар износи 97.60 m а на месту преласка државне границе 83.82 m. Најнижа кота се налази у близини станице Овча и износи 73.16 m, а највиша између станица Владимировац и Алибунар и износи 147.54 m.

2.5. Доњи строј

Према подацима секције ЗОП-Београд, ЗОП-Зрењанин (ТЈ. Панчево и ТЈ. Вршац) деформације трупа пруге се манифестују у појави "засторних џепова", "шприц-прагова", сталном и повременом падању колосека, као и расплињавању косина насипа (на деловима где је насип изграђен преко мочварног терена).

Поред наведених већих објеката, на прузи постоји и већи број малих објеката (до 5.0 m), као и неколико објеката већих распона (до 30 m)..

Од Панчевачког моста до железничке станице Панчево Предграђе (км 2+360 - км 18 + 780), за потребе Беовоза,1992. године рађен је ремонт доњег строја. На делу од км 11+900 - км 14+400 (насип испред моста на Тамишу) су и даље присутне деформације (падање колосека). Приликом ремонта 1992. године санирaн је горњи део насипа, међутим, лош квалитет материјала од ког је изграђен насип (су глине из околних позајмишта-CBR = 2 - 3%) као и лоше подтло (барски седименти са NPV на површини терена) су основни узрок због чега се деформације јављају.

У станици Владимировац у више наврата долазило је до падања II, III и IV колосека због пуцања водоводне мреже.

У станици Алибунар не постоји регулисано одводњавање површинских вода, тако да долази до пада II, III и IV колосека.

Осим насипања туцаником и машинског регулисања колосека, друге мере санације нису извођене.

Од км 94+955 - км 97+044,055 извршено је измештање колосека са две "С" кривине на леву страну.

Од км 54+300 - км 54+600 налази се железнички насип "Велики До" изграђен 1896. године ,а 1962. год. је дограђен насип магистралног пута М19 Панчево-Ватин. Од тада до данас присутне су константне деформације које се огледају у појави пукотина и слегања на контакту оба насипа.

2.6. Горњи строј

Отворена пруга и главни пролазни колосеци су од шина типа 49 на дрвеним и делимично бетонским праговима у застору од туцаника, док су остали станични колосеци од шина типа 45. Уграђене скретнице су типа 49-300-6^{o} и 49-200-6^{o}. Колосек је заварен у ДТШ на целој дужини пруге осим станица Алибунар и Вршац и деонице од Вршца до границе SNCFR.

2.7. Станице

На овој прузи се налази 17 службених места, од којих је 10 станица, 6 стајалишта и једна укрсница.

2.8. Сигнално - сигурносни уређаји

На деоници Београд Центар-Овча уграђени су релејни уређаји за осигурање типа Сименс у шпурплан техници. Отворена пруга опремљена је уређајима АПБ-а за једноколосечни саобраћај са променом приволе између станица. Путни прелази на овој деоници опремљени су аутоматским уређајима за осигурање са полубраницима и светлосним друмским сигналима. Зависност између релејних уређаја у станицама остварене је кроз сигналне парице у положеном телекомуникационом каблу. Постојећи систем осигурања на овој деоници пруге дозвољава кретање воза мах брзином до 120 km/h.

Деоница пруге од станице Овча до станице Панчево Варош припоремљена је за уградњу истог система осигурања, али уређај осигурања није монтиран. Регулисање саобраћаја обавља се помоћу мобилних уређаја међусигналне зависности који дозвољава одвијање саобраћаја мах брзином до 50 km/h кроз станично подручје.

На деоници Панчево Варош-Вршац железничке станице су опремљене механичком улазним сигналима и предсигналима са постављањем путем жицовода код отправника возова у станици или уређајима међусигналне зависности без зависности положаја скретница и сигнала. Фреквентни путни прелази опремљени су механичким браницима са предзвоњењем и постављањем на лицу места, а сви остали путни прелази опремљени су само друмском сигнализацијом.

Скретнице у станичном реону опремљене су механичким бравама за закључавање. Уграђени уређаји нису у технички условљеној зависности положаја скретница и сигнала. Овакви уређаји сходно важећим прописима дозвољавају кретање воза кроз станични реон мах.брзином од 50 km/h.

Међустанично растојање Вршац - Ватин (ЦФР) није опремљено потребним сигналним средствима и саобраћај се одвија уз телефонску пријаву између станица Вршац и Ватин.

2.9. Стабилна постројења електричне вуче

Деоница пруге од станице Београд Центар до станице Панчево Варош је електрифицирана. Опремљена је стабилним постројењима електричне вуче која задовољавају њене садашње потребе. Напаја се са КМ Београдског железничког чвора. Деоница пруге од станице Панчево Варош није електрифицирана.

2.10. Погонска електроенергетска постројења

Пруга је опремљена ПЕЕП у мери која задовољава њене садашње потребе.

2.11. Телекомуникације

На прузи Панчево-Вршац постоје застарели телекомуникациони уређаји који се као такви занемарују. Оптички кабл је положен од станице Београд Центра до станице Панчево Главне. У станицама "БЕОВОЗА" у току је пројектовање и уградња информационих табли и киоска којима се управља из Београд Центра.

3. ПРОЈЕКЦИЈА ОБИМА САОБРАЋАЈА

Политиком развоја саобраћајног система, железнички саобраћај ће бити основни носилац континенталног система.

Усмерени развој заснива се на задовољењу следећих услова :

- Конституисање железнице СЦГ као јединственог техничко-технолошког система;
- Повећање квалитета услуга превоза, што подразумева потпуна решења у домену одржавања, модернизације изградње железничке инфраструктуре као и укупну финансијску консолидацију ;
- реализација приоритета у изградњи, модернизацији и оспособљавању за веће брзине магистралних и транзитних праваца којима ће се обезбедити боље повезивање са европским и балканским земљама а што се у овом случају посебно односи и за пругу Београд-Вршац-граница Румуније.

3.1. Прогнозирани обим рада на прузи

Имајући све то у виду, процена структуре по врсти саобраћаја базирала се на:

- Доста детаљном познавању структуре превоза за време бивше СФРЈ;
- Претпоставци поновног успостављања економске размене са бившим републикама,
- Поновно успостављање превозних путева преко наше земље и враћање транзита, како за потребе других земаља, тако и за потребе бивших југословенских република;
- Изградња у ближој будућности новопројектованих праваца (Мала Крсна - Ковин и веза са овом пругом и даље) као и ревитализација неких укинутих пруга, а што ће све несумљиво утицати и на повећање обима саобраћаја на посматраном железничком правцу.
- значају пруге Београд-Вршац у повезивању коридора X и VII (који се спајају у Београду) са паневропским коридором IV који пролази кроз Темишвар
- истраживања и препорука EU и пројекта REBIS-Transport Study

Процена рада на прузи Београд-Вршац-Д.граница дата је у сл. табели, а извршена је на бази прогнозираних токова између ранжирних реона, рада станица на прузи, уз корекцију за процењени део необухваћеног локалног саобраћаја.

Пруга	Укупно (000 тона)
Београд-Вршац (2010 год.)	2.113
Београд-Вршац (2015 год.)	2.343
Београд-Вршац (2020 год.)	2.598

3.2. Пројекција отпреме путника на прузи

Пројекција је дата табелом за период до 2020.године. За рад у путничком саобраћају према спроведеној анализи биће отворене све станице као и сва постојећа стајалишта.

прој.пут.	*година*		
	2010	*2015*	*2020*
Укупно	*2.900.278*	*3.330.735*	*3.825.079*

-нап: пројекција не обухвата путнике станице Београд Центар и Вуков Споменик

3.3. Пројекција броја и структуре возова

На основу свега што је наведено а нарочито на основу опсежног истраживања може да се каже да је реално очекивати с обзиром на данашње услове као и фазност у реализацији, на овом железничком правцу број и структура возова дати су следећом табелом.

Приказани број возова је добијен као крајњи резултат за усвојене претпоставке и услове који су третирани у решавању ове проблематике, а делимично је коригован и резултатима новијих истраживања у овој области.

Деонице	*Панчево Главна - Вршац*		*Вршац-држ. Граница*	
етапе	1 етапа 2010	2 етапа 2020	1 етапа 2010	2 етапа 2020
Број путничких возова	16	20	6	8
Број теретних возова	14	18	7	9
УКУПНО ВОЗОВА	30	38	13	17

Треба нагласити да реално постоји могућност да се после електрификације пруге Панчево Варош - Вршац а у функцији:

- стратегије и повезивања регионалних центара,
- односа цена превоза друмског и железничког саобраћаја,
- развијености индустријске и пословне области Вршца,
- растојања Београд - Вршац
- стања пруге после модернизације и комерцијалних брзина и времена превоза
- повећања квалитета превозне услуге
- постојећих и препоручених закона о заштити животне средине

у локалном путничком саобраћају изврши повезивање и укључење ове пруге у постојећи систем Београдског приградског саобраћаја. Може се очекивати да ће у односу на прогнозиран број возова у претходној табели бити увећан. Уклапањем и укључењем у систем Београдског приградског саобраћаја и прихватањем основних начела функцинисања, број возова који би саобраћали на овој прузи могао би бити увећан додатно за 30% у односу на прогнозиране вредности. То би значило да би из Вршца за Београд и обратно било могуће омогућити најмање по 13 полозака приградских возова а све у складу са све присутнијим принципима железничког саобраћаја које диктира Европска Унија.

4. ТЕХНОЛОШКИ ЗАХТЕВИ НА ПРУЗИ И СТАНИЦАМА

У оквиру Етапе I модернизације пруге Београд-Панчево-Вршац, потребно је модернизовати постојећу пругу према следећим основним захтевима:

- задржати пругу у постојећем коридору,
- у што већој мери задржати постојећу трасу пруге,
- извршити електрификацију и осигурање пруге и станица,
- обезбедити пругу за мешовити саобраћај,
- осовинско оптерећење од 22.5 t/m,
- слободан профил габарита UIC-GC и
- брзине до V=120 km/h.

У оквиру ЕТАПЕ I предвиђене су две фазе.

Прва фаза ЕТАПЕ I

1. Реконструкција свих станица на прузи које не испуњавају важеће прописе према правилницима 314 са аспекта нагиба нивелете и радијуса хоризонталних кривина и вертикалних заобљења. Проширење капацитета станица у овој фази нису потребна.

2. Потребно је извршити изградњу другог колосека на деоници пруге и међустаничном растојању Панчево Главна-Панчево Варош. Према захтеваном решењу потребно је у станици Панчево Главна и Панчево Варош извршити реконструкцију колосечних веза и обезбедити везе за пругу за Зрењанин.

3. Електрифицирати целу пругу од станице Панчево Варош (искључиво) до станице Вршац (укључиво), односно и даље до границе са Румунијом;

4. Електрифицирати све станичне колосеке на прузи од станице Панчево Варош до станице Вршац, осим манипулативног колосека у станици Владимировац, и осим индустриских колосека, колосека прикључних пруга из осталих станица, као и штитних колосека по станицама на прузи.

5. Електрифицирати одвојну пругу од станице Вршац до стајалишта Вршац Вашариште за потребе електромоторних путничких гарнитура.

6. У станици Вршац потребно је извршити реконструкцију улазног грла из правца Београда. У оквиру ове фазе потребно је електрифицирати постојеће станичне колосеке 2. 3. 4. 5. и 6.

7. У станици Вршац електрифицирати два колосека у локомотивском депоу (одвојак од Зрењанинског колосека са везом поред депоа) за потребе ел. локомотива где исте очекују рад и сл. (краћи и мањи прегледи и сл.) као и потребну везу са постојећим електрифицираним станичним колосецима;

8. Простор испред станичне зграде Вршац (од стране места) је потребно уредити и асфалтирати, предвидети паркинг места за паркирање пролазних аутобуса, разних индивидуалних и доставних возила за потребе саме станице, као и за остављање односно паркирање бицикала и моторбицикала.

9. У станици Вршац је потребно извршити потребну адаптацију простора (у оквиру станичне зграде) за смештај СС и ТТ уређаја, као и одговрајућу адаптацију просторије за отправника возова. Потребно је и у осталим станицама на деоници Панчево Варош-Вршац обезбедити простор намењен за СС и ТК уређаје.

10. Потребно је извршити сређивање станичних тргова као и приступпних путева у готово свим станицама на овој прузи. Инвестиционе вредности овог захтева нису обрачунате у укупним инвестицијама према овом концепту.

11. У свим међустаницама поставити монтажне ниске путничке пероне од готових бетонских елемената у којима данас перони не постоје, са потребним косинама за прилаз до истих од простора испред станичне зграде (за разне типове колица и сл.). Дужина ових перона треба да износи 150 до 200 метара. Станице у којима је потребно извршити уградњу монтажних перона су: станица Б.Карловци, стајалиште Николинци, станица Уљма, стајалиште Влајковац као и изградњу монтажног перона у станици Овча.

12. Потребно је извршити поправљање елемената кривина, ради повећања брзине на захтевану брзину. Неопходно је извршити редукцију броја путних прелаза у нивоу, и број свести на законски оквир и стварне потребе.Потребно је извршити осветљење станице Панчево Враош.

13. Неопходно је извршити адаптацију постојећих станичних зграда на целој траси пруге искључујући: Београд Центар, стајалиште Карађорђев парк, стајалиште Вуков споменик и стајалишта Панчевачки мост.

14. Потребно је задржати све прикључне пруге и то: Панчево Варош - Индустрија (Војиловица), Владимировац-Ковин и Алибунар-Сечањ, Вршац-Зрењанин, Вршац- Б.Црква. За дате пруге потребно је омогућити одговарајуће колосечне везе.

15. У станици Владимировац извршити повезивање четвртог колосека у целину (у постојећем стању колосек прекинут са два грудобрана).

16. У погледу опремања пруге и станица СС и ТТ

уређајима, потребно је урадити следеће:

- На прузи од Панчева Главне до Вршца систем СС треба извести у режиму међустаничне зависности као и део до крајње тачке у стајалишту Вршац Вашариште и до границе са Румунијом.
- Систем сигнализације у режиму АПБ-а продужити од станице Овча до станице Панчево Главна.
- У погледу телекомуникационе опреме у овој фази је потребно извести и омогућити успостављање селективних веза између службених места на прузи међусобно, као и са централним диспечером саобраћаја у Београду и то са идентификацијом позива.
- Потребно извести пружни телефонски систем.
- Све станице на прузи је потребно да буду укључене у ЖАТ мрежу, а такође и у претплатничку ПТТ мрежу.
- Технолошке интерфонске мреже успоставити у овим станицама са по два позивна места (улазно и излазно грло) и везом са отправником возова.
- Технолошке УКТ мреже предвидети за маневарско особље станица Панчево Главна и Вршац.
- Аутоматске уређаје за дојаву пожара и провале извести у свим станицама а у потребним и заштићеним просторијама.

Друга фаза Етапе I

1. Изградња другог колосека од стајалишта и распутнице Панчевачки Мост до станице Панчево Главна, као и реконструкција укрснице Крњача, станице Овча и стајалишта Себеш са потребним А-В везама, према приложеним решењима.

2. У станици Панчево Главна и станици Вршац изгардити пероне са подходницима. Ово фазно решење захтева реконструкцију станичних колосека, и потребна су додатна истраживања по овом технолошком захтеву.

3. Изградња новог моста за други колосек преко реке Тамиш.

4. Укрсницу Крњача адекватно осветлити, успоставити уређаје за обавештавање путника путем озвучења са централног места (и локално) и осветљене паное за истицање реда вожње возова;

5. Стајалиште Себеш треба обезбедити острвским перонима од готових бетонских елемената дужине до 150 m са десне стране сваког главног пролазног колосека са неопходним прилазима. Између оба пролазна колосека поставити ограду за спречавање претрчавања путника. Ово стајалиште је потребно осветлити адекватно и опремити разгласним уређајима и осветљеним паноима за истицање реда вожње.

6. Станицу Овча комплетно реконструисати. Поред два пролазна и њима суседних, претицајних колосека обезбедити и два колосека за пријем-отпрему теретних возова и пријем брута, који ће се користити за потребе индустријских колосека (од стране Београда: предудзећа "Бутан гас"-а, будућег предвиђеног пралишта вагон-цистерни у непосредној близини станице Овча и потребе доставе и извлачења кола на/са будућег индустријског колосека Рафинерије нафте "Београд" у Крњачи те од стране Панчева за потребе разних фабрика у склопу ПКБ-а које се налазе на колосеку Овча-Падинска Скела).

7. На колосеке ове будуће теретне групе колосека треба омогућити несметан улаз/излаз возова из оба главна смера, као и са поменутих индустријских колосека у зони станице Овча.

8. Између сваког главног пролазног и њему суседног претицајног колосека треба изградити острвске пероне од готових бетонских елемената у дужини до 150 m. У овој фази потребно је изградити подходнике.

9. Станицу Овча (плато станице и простор око станичне зграде треба адекватно уредити и осветлити, са неопходним бројем паркинг места за индивидуална друмска возила.

10. У овој станици такође треба успоставити уређаје за обавештавање путника путем озвучења са централног места (и локално) као и осветљене паное за истицање реда вожње возова;

11. Реконструкција и ремонт у потребном обиму моста преко реке Дунав за изградњу и постављање другог, паралелног колосека (инвеститор град Београд)

12. Станицу Панчево Главну треба тако реконструисати (улазно-излазна грла) да се омогући (после изградње другог моста преко реке Тамиш) улазак другог колосека из смера Београда. Погодним А-В везама треба омогућити улаз/излаз возова на колосеке за пријем и отпрему путничких возова, као и на колосеке за пријем и отпрему и транзит теретних возова.

13. СС опрему извести у режиму телекоманде са центром управљања у Београду,

14. Успоставити локомотивски РДС дуж целе пруге,

15. У свим осталим станицама на прузи (посебно у оним са већим радом) успоставити уређаје за визуелно обавештавање путника и истаћи видно имена станица.

5. САОБРАЋАЈНО - ЕКСПЛОАТАЦИОНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ У НОВОПРОЈЕКТОВАНОМ СТАЊУ

5.1. Времена вожње и брзине возова после модернизације пруге

На основу максимално дозвољених брзина вожње на појединим деоницама и времена потребног за полазак и заустављање у функцији категорије воза срачуната су нова времена вожње возова на прузи Београд Центар-Панчево Гл.-Вршац.

Време путовања свих возова скраћује у просеку за 34 минута што износи 24 %. Комерцијална брзина возова повећана је у просеку за преко 11,68 km/h, а то у процентима износи 30,65 %.

Потребно је истаћи, да модернизацијом пруге као и санацијом и реконструкцијом доњег и горњег строја пруге те редовним инвестиционим и техничким улагањем и одржавањем битно се повећава безбедност саобраћаја, те смањује могућност продужених времена вожње услед лаганих вожњи проузрокованих лошим стањем горњег и доњег строја пруге.

5.2. Пропусна моћ пруге Београд Центар-Панчево Главна-Вршац-Државна граница после модернизације

Пропусна моћ пруге после модернизације урађена је по УИЦ методи, која не зависи од реда вожње, али за исти обим саобраћаја као у постојећем стању. После изведене модернизације пруге возови на овој прузи ће

саобраћати у режиму АПБ-а. Пропусна моћ пруге за деонице:

- Београд Центар-Панчево Главна, 144 возова на дан
- Панчево Главна-Вршац и 89 возова на дан
- Вршац-Стара Моравита(SNCFR). 104 воза на дан

У односу на постојеће стање на деоници Београд Центар-Панчево Главна, после извршене модернизације пропусна моћ пруге ће се повећати за 50 %. А на делу пруге Панчево Главна-Вршац-државна граница после извршене модернизације пропусна моћ пруге ће се повећати за око 85 %.

Пропусна моћ пруге по извршеној модернизацији пруге Београд Центар - Панчево Главна - Вршац-Д.Граница у пуној мери задовољава прогнозирани обим саобраћаја у 2020. години и оставља резерве

6. ИНВЕСТИЦИОНА ВРЕДНОСТ МОДЕРНИЗАЦИЈЕ И РЕКОНСТРУКЦИЈЕ ПРУГЕ

На основу спроведених прорачуна по областима, за ЕТАПУ I модернизације и реконструкције пруге Београд Центар-Панчево-Вршац-Д.Граница, приказани су укупни инвестициони трошкови у сл. табели:

Врста радова	*Вредност (EUP)*
Горњи и доњи строј	*59.970.578*
Мостови	*3.811.000*
Ст. зграде и стајалишта	*540.000*
Електрификација	*15.130.500*
СС уређаји	*25.843.000*
Телекомуникације	*4.038.000*
Хидротехнички радови	*5.280.000*
УКУПНО	*114.613.078*
Физичка резерва 5%	*5.730.653*
УКУПНО	*120.343.731*
Проj.и надзор 5%	*6.017.186*
УКУПНО	*126.360.918*

7. ЗАКЉУЧАК

Концептно решење је дало предлог мера и инвестиционе трошкове реконструкције и модернизације постојеће пруге, са аспекта задржавања постојеће пруге у данашњем коридору.

Концептом је предвиђено да постојећу пругу треба електрифицирати и осигурати савременом СС опремом и телекомуникационим средствима.

Решењима датим у концепту предвиђено је повећање брзина до 120 км/х, на деоницама где је то било могуће. На овој прузи потребно је реконструисати постојеће елементе трасе пруге, како би могле бити реализоване захтеване брзине кретања возова. У концепту су дефинисане деонице на којима постоји ова могућност без већих одступања у односу на постојећу трасу пруге. Сва постојећа службена места на прузи треба задржати. На деловима трасе пруге где се према свим истраживањима јављају сталне деформације, неопходно је извршити додатна инжењерско-геолошка истраживања и на основу тога предложити трајна решења.

Већи број службених места на прузи не испуњава захтеве закона о безбедности железничког саобраћаја са аспекта положаја трасе у уздужном профилу. Концептом су предвиђени радови на датим позицијама, те довођење елемената уздужног профила у прописане величине.

Потребно је редуковати број путних прелаза и свести их на законске оквире. Одређени број путних прелаза потребно је осигурати савременом опремом.

Према концептним решењима истражена су техничка решења и инвестиционе вредности реконструкције, санације и изградње нових објеката (мостови) на датој пузи.

Концепт је приказао ефекте реконструкције и модернизације пруге са аспекта скраћења времена путовања и брзине кретања возова пре и после модернизације.

Концептом је предвиђено задржавање свих прикључних пруга у овом коридору.

Укупна инвестициона вредност радова према концептном решењу етапе I износи 126.360.918 EUP.

Потребно је истаћи да би било техничка решења према овом концепту задовољавају потребе за период од 25-30 година.

Литература:

[1] Главни пројекат пруге Београд-Панчево, СИ ЦИП
[2] Концепт моденизације пруге Београд-Панчево-Вршац, СИ ЦИП
[3] Идејни пројекат железничке станице Вршац-СИП

CONCEPTUAL DESIGN OF RAILWAY LINE BEOGRAD-PANČEVO-VRŠAC UP TO V=120 km/h

Predrag Atanasković, Sandra Kasalica

Abstract: *the Belgrade - Pančevo - Vršac - national border railway line being main connecting class A line (this railway line connects traffic Corridors X and VII with PanEuropean Corridor IV running through Timisoara) is very important both for our country and international railways network. The above mentioned railway line has to be modernized and reconstructed from the aspect of existing geometry elements, required capacities and signalling/interlocking system. This paper will present conceptual designs and investment values of the said railway line for speeds up to 120 km/h. According to this conceptual design existing railway alignment shall be maintained along the existing corridor as much as possible. According to this conceptual design the railway line is designed for the mixed traffic, 22.5 axle load and UIC-GC gauge. According to this conceptual design the railway line is proposed to be electrified and equipped with modern signalling/interlocking and telecommunication systems.*

Key words: railway, infrastructure, investments, traffic, conceptual designs.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

KONSTRUKCIJA I DIMENZIONISANJE KOLOSEKA NA ASFALTNOJ PODLOZI

Mirjana Tomičić-Torlaković[1], Zdenka Popović[2]

Rezime *- U radu se definušu tehnički zahtevi po pojedinim elementima gornjeg i donjeg stroja konstrukcije koloseka na nosećoj asfaltnoj podlozi. Pored toga, prikazuje se jedan od postupaka za dimenzionisanje ove konstrukcije na višeslojnoj čvrstoj podlozi i analizira konkretan numerički primer.*

Ključne reči: železnica, kolosek na asfaltnoj podlozi

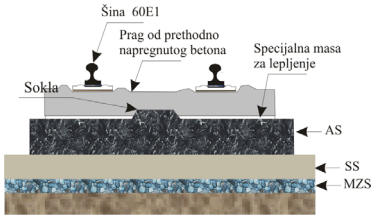
1. KONSTRUKCIJA KOLOSEKA NA ASFALTNOJ PODLOZI

Pored standardnih zahteva u pogledu prenosa opterećanja na podlogu, cene i jednostavnosti montaže i održavanja, savremeni gornji stroj često mora da ispuni dodatne zahteve, kao što su: minimalno remećenje odnosa sa okruženjem (mogućnost primene fleksibilnijih elemenata trasiranja u odnosu na klasično rešenje gornjeg stroja sa tucaničkom zastornom prizmom, smanjenje emisije buke i vibracija, estetsko oblikovanje gornje površine i slično), produženje veka trajanja konstrukcije koloseka, uz svođenje održavanja na negu i inspekciju, povećanje udobnosti. Savremena konstrukcija gornjeg stroja mora da odgovori pomenutim zahtevima, koji se najčešće kombinuju sa sve većim brzinama, većim osovinskim i saobraćajnim opterećenjem. Jedno od rešenja konstrukcije koloseka koje uspešno odgovara ovako definisanim zahtevima je kolosek na asfaltnoj podlozi.

Prva konstrukcija gornjeg stroja na čvrstoj podlozi sa asfaltnim umesto betonskim slojem, kao kolosečnom podlogom, ugrađena je u kolosek daleke 1963. godine, na opitnoj deonici u Ingolštatu, u Nemačkoj. Dužina opitne deonice iznosila je 200m. Kolosek je postavljen na asfaltni sloj debljine 15cm, regulisan po visini i smeru, a zatim zaliven livenim asfaltom na licu mesta.

Kasnije, pod uticajem kolosečnog sistema Reda (Rheda, 1972. god.), razvijeni su kolosečni sistemi SBT (monolitni sistem sa pragovima na asfalnom sloju, koji se nakon visinske i horizontalne regulacije zalivaju mastiksom, 1976. god.) i SBV (pragovi zaliveni bitumenom, 1987. god.). Na osnovu tih iskustava, a naročito na osnovu uspeha u stanici Hösbach (1988.god.), gde je prvi put postignuta visinska tačnost izvođenja završnog sloja asfaltne podloge ±2mm, razvijen je kolosečni sistem tipa ATD, koji je prvi put primenjen 1993. godine.

Naziv sistema ATD potiče od nemačkog naziva: **A**sphalt**t**ragschicht mit **D**irektauflagerung, što znači direkno polaganje na asfaltnom sloju. Dakle, Sistem ATD predstavlja prvu konstrukciju koloseka, koja se direktno polaže na višeslojnu asfaltnu podlogu. Preduslov za primenu ovakvog rešenja je visoka tačnost izvođenja asfaltne podloge (ravnost i visinska tačnost ±2mm), što podrazumeva posebnu tehnologiju njenog izvođenja i određeni sastav asfaltne mešavine, uz permanentnu kontrolu kvaliteta. Direktnim polaganjem koloseka na asfaltnu ploču izbegava se zametna faza visinske i horizontalne regulacije koloseka, koja se kod sistema SBV izvodila regulacionim zavrtnjima, po ugledu na sistem Reda.



Slika 1. Konstrukcija sistema ATD

Konstrukciju sistema ATD (slika 1) na zemljanoj podlozi, u opštem slučaju, čine sledeći elementi: šine tipa 60E1, prethodno napregnuti jednodelni, ili dvodelni betonski pragovi, asfaltni sloj (AS), sloj stabilizacije sa hidrauličnim vezivom (SS) i sloj za zaštitu od mraza (MZS).

Karakteristično za ovu konstrukciju je trapezno ispupčenje po uzdužnoj osi asfaltne ploče (tzv. "sokla"), koja služi za prijem horizontalnih sila i očuvanje bočne stabilnosti koloseka (slika 1). Širina ovog ispupčenja iznosi oko 60cm i izvodi se istovremeno sa završnim slojem asfaltne ploče. Pragovi dužine 2,60m u novije vreme rade se kao monoblok, a postoje i rešenja sa dvodelnim pragovima. U svakom slučaju, srednji deo praga prilagođen je trapeznom poprečnom preseku "sokle", radi postizanja potrebnog otpora bočnom pomeranju koloseka. Slobodan prostor između sokle i bokova praga popunjava se posebnom masom za lepljenje, kao što ilustruje slika 2 (svaki drugi, ili treći prag).

[1]Prof.dr Mirjana Tomičić-Torlaković,dipl.građ.inž., Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, mtomicic@grf.bg.ac.yu
[2]Doc.dr Zdenka Popović,dipl.građ.inž., Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, zdenka@grf.bg.ac.yu

Slika 2. Poprečni presek konstrukcije ATD na pruzi za velike brzine Hannover-Berlin, 1994.god

Maksimalno nadvišenje spoljne šine u krivini iznosi, kao i kod ostalih tipova konstrukcija na čvrstoj podlozi, 180mm. Kontinualna uzdužna uzdignuta sokla ometala bi odvodnjavanje koloseka u prelaznoj i kružnoj krivini, te se u svakom trećem polju između pragova useca šlic u sokli, minimalne širine 2cm, za efikasno odvođenje atmosferske vode iz koloseka u krivini.

Osnovna konstrukcija ATD dopunjuju se elementima za zaštitu okoline od buke. Primenom uobičajenih prefabrikovanih kasetiranih elemenata za zaštitu od buke (slika 3), nivo buke se umanjuje ispod maksimalnog propisanog nivoa, koji po nemačkim propisima za šinske sisteme iznosi 53dB(A). Ovo zadovoljava naše propise: JUS U.16. 205 propisuje najviši dozvoljeni nivo buke noću duž magistalnih i gradskih saobraćajnica do 55dB(A).

Slika 3. Prefabrikovani elemeni za zaštitu od buke

Za tramvajske pruge razvijena je modifikacija konstrukcije ATD, tzv. ATD(G). Dodatak ‘’G‘’ dolazi od nemačke reči ‘’grűn ‘’, što znači da se radi o još jednoj varijanti koloseka sa niskim dekorativnim zelenilom, koje pored estetske uloge, ima zadatak da apsorbuje buku. Ovaj sistem koristi dvodelne pragove povezane čeličnim profilima. Prostor između pragova, iznad gornje površine asfalne podloge sa soklom, popunjava se nevezanim materijalom, pa substratom (humusna hranljiva podloga), a zatim se seje niska trava, ili cvetnice, otporne na sušu i visoke temperature (primer tramvajski kolosek u Berlinu).

1.1. Noseća asfaltna podloga

Idući od planuma nagore, višeslojnu noseću podlogu sistema ATD čine: sloj za zaštitu od mraza (MZS), sloj stabilizacije sa hidrauličnim vezivom (SS) i asfaltni sloj (AS). Gornj noseći sloj AS predstavlja asfaltnu mešavinu, koja se po pravilu ugrađuje u više slojeva.

Uobičajena ukupna debljina asfaltnog sloja na zemljanoj podlozi (usek, nasip) iznosi 30cm. Odozdo nagore izvode se dva sloja debljine po 10cm, treći sloj debljine 6cm i četvrti završni sloj debljine 4cm. Završni sloj se radi sa polimernim bitumenom.

U tunelu treba računati sa manjom debljinom asfaltne ploče. Stoga se asfalt ugrađuje u tri sloja.

Zahtevana tačnost ugradnje asfaltne kolosečne podloge veća je od tačnosti koja se propisuje u građenju puteva i aerodroma. Visoka zahtevana visinska tačnost izvedene gornje površine asfaltne podloge od ± 2mm može da se postigne samo ugradnjom asfalta u više slojeva. Svaki sloj ugrađuje se po vrućem postupku. Ugradnja završnog sloja vrši se sa povećanim zbijanjem, kako bi se šupljine u njemu svele na najmanju meru, čime se smanjuje prodor kiseonika (intenzivira proces starenja asfalta) i vode.

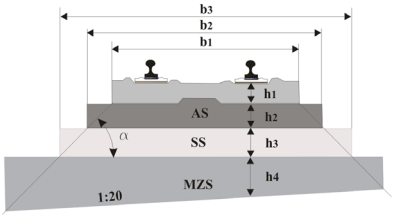
Upotreba livenog asfalta umesto asfaltbetona može biti prednost kada je potrebno popraviti ravnost i kada se radi u skučenom prostoru. U tom slučaju tražena tačnost ± 2mm na gornjoj površini ATS može da se postigne i manuelnom intervencijom.

Radi ostvarenja dobre veze između pojedinih slojeva asfalta, svaki prethodni sloj pre ugradnje narednog sloja mora biti suv i čist. Na tako osušen i očišćen sloj za bolju vezu nanosi se bitumenska emulzija pre ugradnje narednog sloja.

Gornja površina asfalta može da se koristi u logističke svrhe ukoliko je unutrašnja temperatura u asfaltu < 50^{o}C.

Poznata je osetljivost asfalta na ultravioletna zračenja. Zato je potrebno gornju površinu asfalta zaštititi rastresitim materijalom (npr. rizla, ili tucanik). Ova mera ujedno štiti asfalt od zagrevanja i smanjuje nivo buke. Isti višestruki efekat postiše se kod ATD(G) konstrukcije primenom dekorativnog zelenila.

U slučaju dvokolosečne pruge, asfaltna podloga širine 3,20m može da se izvede posebno za svaki koloseka, sa rešenjem odvodnjavanja između koloseka, ili kao zajednička podloga za oba koloseka. S obzirom na skupo odvodnjavanje između koloseka, češće je rešenje sa asfaltnom podlogom za oba koloseka. Pri određivanju širine asfaltne podloge koristi se pretpostavka da se opterećenje prenosi pod uglom a=45^o (slika 4).



Slika 4. Minimalne širine elemenata konstrukcije ATD

Moduo elastičnosti asfaltnog sloja varira u granicama od 5000N/mm^2 do 10000N/mm^2.

1.2. Sloj stabilizacije

Debljina sloja stabilizacije h_3 određuje se u postupku dimenzionisanja konstrukcije, uz zahtev da se na gornjoj površini sloja za zaštitu od mraza postigne moduo deformacije (lit. [2]):

- za nove pruge: E_{v2}= 120MN/m^2,
- za rekonstruisane pruge: E_{v2}= 100MN/m^2.

Ivične delove stabilizacije, ukupne širine b_3-b_2 (slika 4), treba obavezno zaštititi od dejsva atmosferilija i mehaničkog oštećenja. To se postiže prskanjem bitumenskom emulzijom, pokrivanjem tucanikom, rizlom i sl.

Postoje rešenja ATD konstrukcije bez sloja stabilizacije. U tom slučaju povećava se debljina asfaltne

ploče, što se definiše u postupku dimenzionisanja, uz zahtev da se na gornjoj površini sloja za zaštitu od mraza (od drobljenog materijala) postigne moduo deformacije E_{v2}=150MN/m^2.

Pored toga, postoje mišljenja da sloj stabilizacije, zbog mogućnosti prodora atmosferske vode tokom eksploatacije, treba zameniti slojem od drobljenog materijala (TS – sloj od tucanika, obično se koristi za tramvajske pruge).

1.3. Sloj za zaštitu od mraza

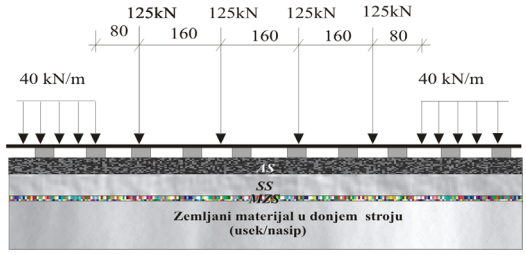
Ovaj sloj se sastoji od šljunkovito-peskovitog materijala otpornog na dejstvo atmosferilija, a posebno na dejstvo mraza. On sprečava kapilarno penjanje vlage iz donjih delova konstrukcije u sloj stabilizacije.

Debljina sloja za zaštitu od mraza h_4 određuje se u postupku dimenzionisanja konstrukcije, uz zahtev da se na gornjoj površini planuma postigne moduo deformacije (lit. [2]):

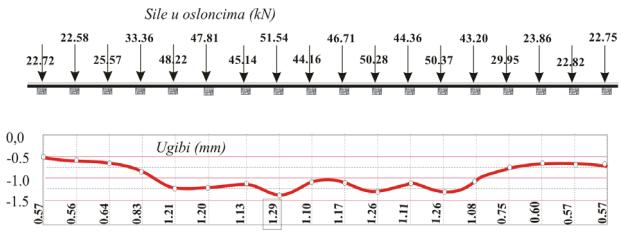
- za nove pruge: $E_{v2} \geq 60$MN/m^2,
- za rekonstruisane pruge: $E_{v2} \geq 45$MN/m^2.

2. POSTUPAK DIMENZIONISANJA

Radi određivanja stanja napona i deformacija, proračun prikazan u ovom radu, može se koristiti za bilo koju konstrukciju koloseka sa asfaltnim slojem.



Slika 5. Šema opterećenja



Slika 6. Elastična linija šine i sile u osloncima

Dimenzionisanje višeslojne čvrste podloge u proračunskom primeru, koji sledi, ostvareno za šemu opterećenja UIC 71 (slika 5). Elastična linija šine i oslonačke sile šine, koje su zapravo opterećenje za kolosečnu konstrukciju su sračunate po teoriji elastično oslonjene grede (slika 6).

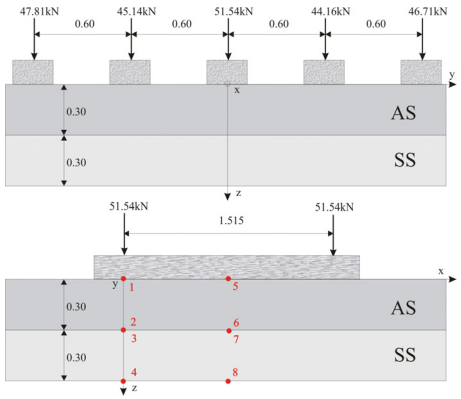
Proračun konstrukcije je sproveden pomoću programa BISAR (*Bitumen Stress Analysis in Roads*, [1]), koji je razvijen u Šelovoj laboratoriji u Amsterdamu za proračun fleksibilnih kolovoznih konstrukcija.

Pretpostavke proračuna su sledeće:

- kolovozna konstrukcija je linearni višeslojni sistem;
- slojevi su neograničeni u horizontalnoj ravni, a tlo je neograničeno u vertikalnoj ravni;
- materijali slojeva su homogeni i izotropni;
- karakteristike materijala su moduo elastičnosti i Poasonov koeficijent;
- vertikalno opterećenje od saobraćaja deluje na kružnim površima.

Ulazni podaci za konstrukciju su:

- asfaltni sloj: debljina 30cm, moduo elastičnosti E_1=5000N/mm^2, Poasonov koeficijent n_1=0.35;
- sloj stabilizovan hidrauličnim vezivom: debljina 30cm, moduo elastičnosti E_2=5000N/mm^2, Poasonov koeficijent n_2=0.20;
- kolosečna podloga (sloj za zaštitu od mraza sa tlom): moduo elastičnosti se menja E31=50N/mm2; E32=100N/mm2; E33=150N/mm2, Poasonov koeficijent n1=0.45;



Slika 7. Položaj opterećenja u koordinatnom sistemu

Koeficijent trenja između asfaltnog sloja i sloja stabilizacije je a=0.30, a između stabilizacije i tla a=0.90.

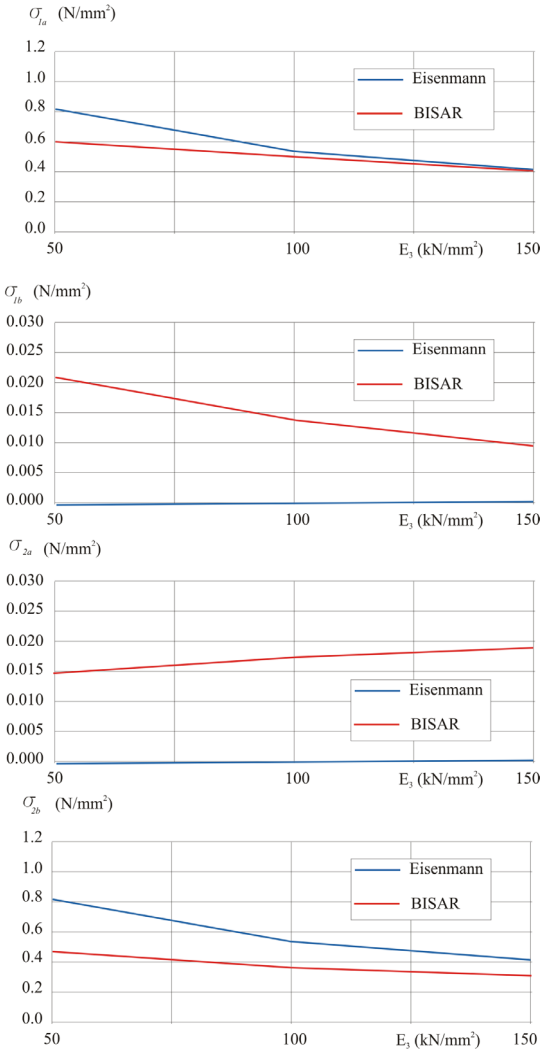
Oslonačka površ svakog praga je aproksimirana sa dve kružne površi radijusa 337.59mm.

Kako je analiza opterećenja pokazala, najveća oslonačka sila šine na prag (51.54kN) je ispod drugog točka, te je taj presek kroz konstrukciju merodavan za određivanje naprezanja u konstrukciji. Položaj opterećeja u koordinatnom sistemu i brojevi tačaka u merodavnom preseku konstrukcije, u kojima će se računati naprezanja, dato je na slici 7.

3. ANALIZA REZULTATA

Rezultati dobijeni korišćenjem programa BISAR pokazuju da su naponi savijanja u konstrukciji za sve tri vrednosti modula elastičnosti tla (E_{31}=50N/mm^2; E_{32}=100N/mm^2; E_{33}=150N/mm^2) ispod dozvoljenih vrednosti od 0.80N/mm^2.

Zavisnost napona od modula elastičnosti tla računatih po približnoj metodi profesora Ajzemana (lit. [3], [4], [6]) i programu BISAR su prikazani na dijagramu na slici 8.



Slika 8. Zavisnost napona od modula elastičnosti tla

Kako je očigledno sa dijagrama , naponi u gornjoj ivici asfaltnog sloja $s_{1,a}$ i donjoj ivici sloja stabilizovanog hidrauličnim $s_{2,b}$ vezivom sračunati po metodi profesora Ajzenmana su veći nego po programu BISAR, a razlika među njima opada sa povećanjem modula elastičnosti tla, dok se naponi u donjoj ivici asfaltnog sloja $s_{1,b}$ i gornjoj ivici sloja stabilizovanog hidrauličnim vezivom $s_{2,a}$ neznatno razlikuju u odnosu na obe metode proračuna.

4. ZAKLJUČAK

Navedena inostrana iskustva sa konstrukcijom koloseka na asfaltnoj podlozi i bogata domaća iskustva u građenju fleksibilnih kolovoznih konstrukcija čine realan okvir za primenu ove kolosečne konstrukcije koloseka kod nas, na opitnim deonicama, naročito kod gradskih šinskih sistema.

LITERATURA

[1] BISAR (Bitumen Stress Analysis in Roads), MSR.0006.73, Koninklijke/Shell-laboratorijum, Amsterdam, (1973).

[2] Darr E., Fiebig W.: ‘’Feste Fahrbahn: Konstruktion, Bauarten, Systemvergleich Feste Fahrbahn - Schotteroberbau‘’, Tetzlaff Verlag, Hamburg, S. 156, (1999).

[3] Eisenmann J., Mattner L.: ‘’Konstruktion und Bemessung von Festen Fahrbahnen‘’, Feste Fahrbahn, Edition ETR, Hestra-Verlag, S.19-23, (1997).

Eisenmann, J., Mattner L.: ‘’Dimensionierung einer Festen Fahrbahn‘’, Eisenbahningenieur, 42, H. 3, S.116-124, (1991).

Matten D., Langhagen K.: ’’Feste Fahrbahn im Spannungsfeld von Innovation und Bewährung‘’, Feste Fahrbahn, edition ETR, S. 74-77, Darmsadt, (1997).

Popović Z.: ‘’Konstrukcija i dimenzionisanje nosećih slojeva koloseka na čvrstoj podlozi po približnoj metodi profesora Eisenmann-a‘’, časopis Železnice, broj 10-11, (2001).

[7] Siegmann J.: “Feste Fahrbahn als Teil der Unternehmensstrategie”, Sympozium Feste Fahrbahn – Mechannische Modelierung, Betriebserfahrung und Akustik-, Teil VII: S.1-8, TU Berlin, (1999).

[8] Tomičić M, Ranković S.: ‘’Gornj stroj železnica‘’, Univerzitet u Beogradu, str. 276, Beograd, (1996).

THE TRACK ON ASPHALT LAYER – STRUCTURE AND CALCULATION

Mirjana Tomičić-Torlaković, Zdenka Popović

Abstract *– In the paper the techical requirements for the single elements of the permanent way and the subgrade of the track on asphalt bearing layer are defined. Moreover, one of the procedure of calculating this structure on the multilayer rigid base is presented and one numerical example is analysed.*

Keywords - railways, track on asphalt layer.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

KORIŠTENJE BROJAČA OSOVINA BO1 ZA KONTROLU ZAUZEĆA ODSJEKA APB-A, MEĐUKOLODVORSKE OVISNOSTI I STANIČNIH ODSJEKA

Darko Barišić [1], Zvonimir Viduka [2]

Rezime *– Jedna od najpouzdanijih metoda za detekciju prisutnosti vlaka na pojedinom odsjeku željezničke pruge danas je svakako princip brojanja osovina na ulazu i izlazu tog odsjeka pomoću uređaja brojača osovina. Ovdje je opisana struktura i primjena brojača osovina BO1. Brojač osovina BO1 pripada novijoj generaciji takvih uređaja te je izveden u mikroprocesorskoj tehnici što omogućuje lokalnu i daljinsku dijagnostiku na osobnom računalu, pamćenje prolaza posljednjih 700 vlakova i sl. Osim već poznate primjene brojača osovina na ovim prostorima za kontrolu zauzeća odsjeka otvorene pruge u okviru automatskog pružnog bloka ili međukolodvorske ovisnosti, opisano je i korištenje brojača osovina BO1 za kontrolu kolosiječnih i skretničkih staničnih odsjeka*

Ključne reči – željeznica, brojač, odsjek, osovina

1. UVOD

Na zahtjev Hrvatskih željeznica tvrtka ALTPRO d.o.o. razvila je brojač osovina BO1. Uz nadzor komisije s Hrvatskih željeznica uređaj je ispitan i atestiran u zagrebačkim laboratorijima Končar Instituta za elektrotehniku i Brodarskog Instituta. Danas je brojač osovina BO1 u pogonu na mnogim pružnim lokacijama u Hrvatskoj te doprinosi bržem i sigurnijem odvijanju prometa na Hrvatskim željeznicama.

Brojač osovina BO1 može se koristiti za kontrolu zauzeća odsjeka otvorene pruge u okviru automatskog pružnog bloka ili međukolodvorske ovisnosti ili za kontrolu kolosiječnog ili skretničkog staničnog odsjeka.

2. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE

Od tehničkih značajki brojača osovina BO1 možemo izdvojiti slijedeće:

Slika 1

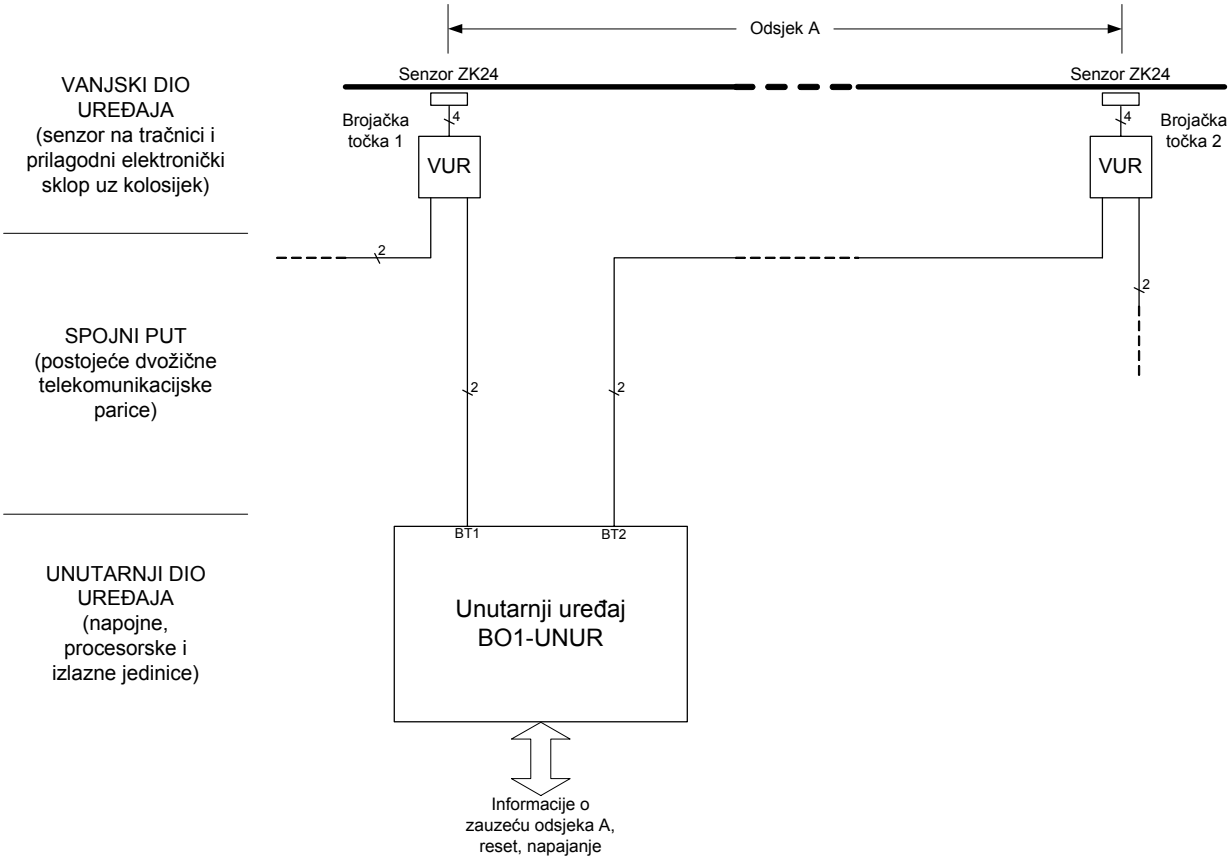
- Dvožična veza sa vanjskim uređajem (napajanje i prijenos signala po istom vodu)
- Udaljenost vanjskog od unutarnjeg uređaja i do 30 km (vodovi Ø1.4mm)
- Mogućnost praćenja i dijagnostike na PC-računalu; lokalno i daljinski (preko modema)
- Pamćenje posljednjih 700 prolaza vlakova preko pojedine brojačke točke i zapis točnog vremena i datuma; neizbrisivost podataka nestankom napajanja
- Kontrola odsjeka sa 2 ili 3 brojačke točke; proširenje do maksimalno 12 brojačkih točki na odsjeku uz dodatni okvir na unutarnjem uređaju
- Elektronički induktivni senzor ovoja kotača duple strukture na brojačkoj točki – detekcija smjera i pravilne pozicije uz tračnicu
- Brojanje osovina do brzine vlaka od 250 km/h (na zahtjev izvedba do 400 km/h)
- Održavanje se svodi samo na vizualne preglede
- Rad vanjskog uređaja u području –40°C…..+80°C
- Izlazne informacije za APB uređaj u vidu kontakata sigurnosnih releja ili serijskog računalnog sučelja RS422, RS232
- Uređaj je atestiran u Končar Institutu za elektrotehniku u Zagrebu, izvještaji br. 90/122, 90/123
- Od Hrvatskih željeznica izdana je Suglasnost za korištenje br. 27/03

3. STRUKTURA BROJAČA OSOVINA BO1

Brojač osovina BO1 sastoji se od vanjskog dijela uređaja na kolosijeku i unutarnjeg dijela uređaja u relejnoj prostoriji stanice ili u APB-kućici kao što je prikazano na slici 2.

Spojni put se ne smatra dijelom brojača osovina jer se obično koriste postojeći željeznički telekomunikacijski vodovi. Veza između vanjskog i unutarnjeg uređaja je dvožična (jedna dvožična telekomunikacijska parica).

[1] Darko Barišić, dipl.inž.elek., ALTPRO d.o.o., Drvinje 63, Zagreb, Hrvatska, darko.barisic@altpro.hr
[2] Zvonimir Viduka, dipl.inž.elek., ALTPRO d.o.o., Drvinje 63, Zagreb, Hrvatska, zvonimir.viduka@altpro.hr

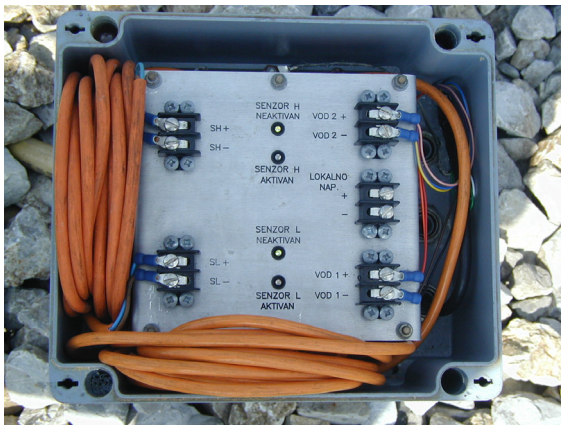


(2)

3.1. SASTAV VANJSKOG DIJELA UREĐAJA

Vanjski dio uređaja se na svakoj brojačkoj točki sastoji od dva senzorska sustava smještena u istom kućištu, montiranima na tračnicu na nosaču s obuhvatnicom, od lijevog i desnog štitnika senzora učvršćenih na istu tračnicu, te od kontrolne elektronike (VUR) u kutiji uz kolosijek. Slika 1 prikazuje kontrolnu elektroniku i senzor na nosaču montirane uz tračnicu sa pripadajućim štitnicima.

Vanjski uređaj VUR smješten je u kutiji na stupiću uz kolosijek u kojem se nalazi kontrolna elektronika koja napaja i kontrolira senzore te modulira i šalje signale sa oba senzora po istom dvožičnom telekomunikacijskom vodu do unutarnjeg uređaja. Po istom vodu vanjski uređaj dobiva i istosmjerno napajanje (slika 3).



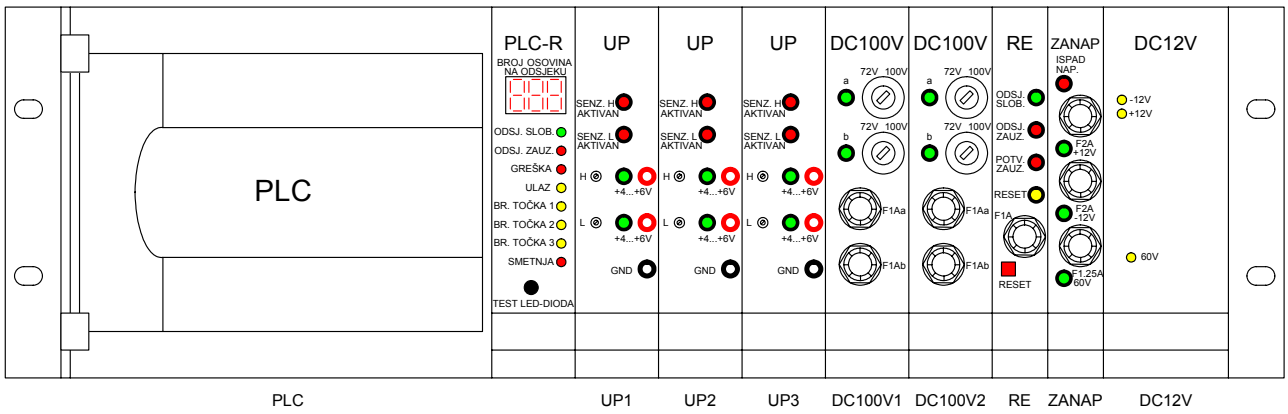
Slika 3

3.2. SASTAV UNUTARNJEG DIJELA UREĐAJA

Unutarnji uređaj UNUR brojača osovina BO1 izveden je modularno u 19″ Eurocard okviru visine 3U (slika 4). Na prvoj poziciji slijeva nalazi se modul PLC koji sadrži programibilni logički kontroler sa prikaznom jedinicom broja osovina i ostalih značajnih podataka (zauzeće odsjeka, smjer, smetnje, greške i sl.). U procesoru PLC-a odvija se višestruki sigurnosni program za obradu signala sa senzora, razlučivanje smetnje od impulsa kotača, brojanje osovina i davanje informacija o zauzetosti odsjeka. Preko serijskog sučelja na PLC-u podaci zadnjih 700 prolaza vlakova mogu se prenijeti na osobno računalo direktno ili daljinski preko modema. Dalje slijede tri modula ulaznog pojačala UP (UP1, UP2, UP3) koji galvanski odvajaju i prilagođavaju signale s brojačkih točki na PLC.

Zatim slijede dva modula napajanja brojačkih točki DC100V (DC100V1, DC100V2) od kojih svaki može neovisno i galvanski odvojeno napajati po dvije brojačke točke. Modul relejnog izlaza RE služi za davanje informacije o zauzetosti odsjeka u obliku kontakata sigurnosnih releja. Moduli ZANAP i DC12V služe za glavno napajanje uređaja s galvanskim odvajanjem i zaštitama.

Unutarnji uređaj UNUR može kontrolirati zauzetost jednog odsjeka s maksimalno 3 brojačke točke. Kod korištenja brojača osovina BO1 za kontrolu zauzetosti odsjeka s više od 3 brojačke točke na uređaj UNUR priključuje se dodatni uređaj PBT za proširenje broja brojačkih točki izveden u okviru iste veličine. Spajanjem dodatnog uređaja PBT broj brojačkih točki može se proširiti do maksimalno 12 brojačkih točki, sa ili bez vlastitog



Slika 4

napajanja. Uređaj PBT koristi identične module ulaznog pojačala UP i napajanja brojačkih točki DC100V kao i uređaj UNUR.

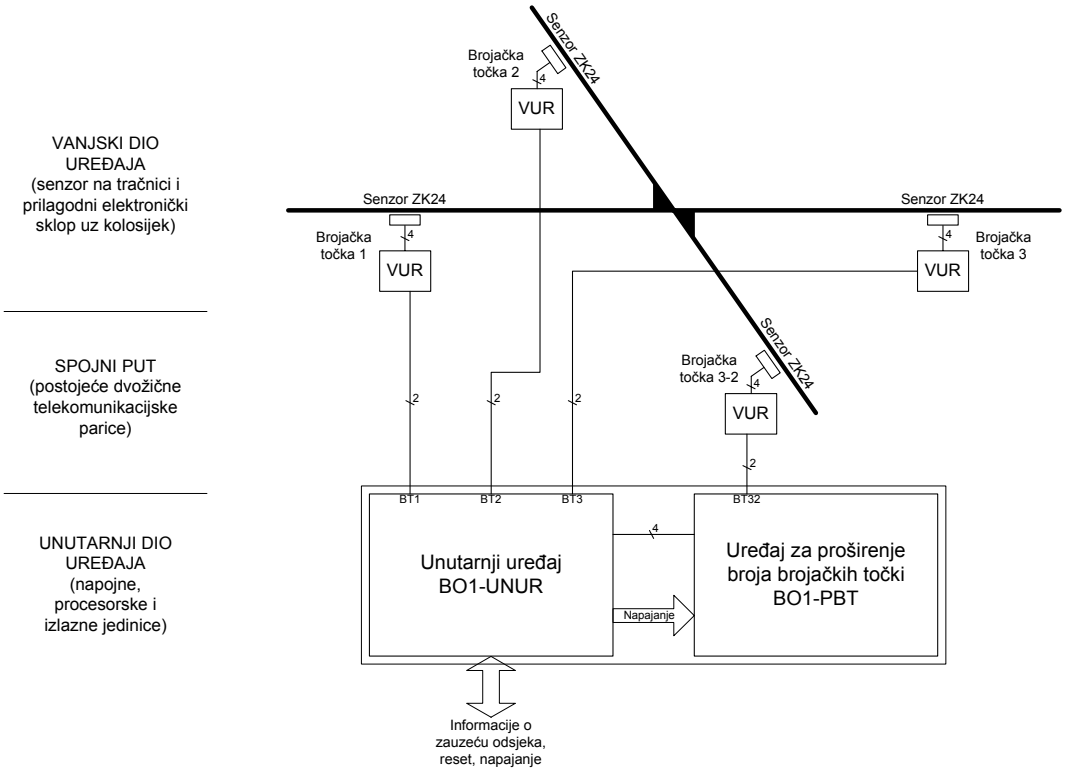
4. Primjena brojača osovina BO1

Brojač osovina BO1 primjenjuje se za kontrolu zauzetosti odsjeka željezničke pruge gdje god je potrebno kontrolirati zauzetost. Na otvorenoj pruzi je to kontrola zauzetosti odsjeka u sastavu automatskog pružnog bloka (APB) ili međustanične zavisnosti; u području stanica brojač može kontrolirati zauzetost pojedinih staničnih odsjeka uključujući skretnice, križišta, slijepe kolosijeke, itd.

4.1. Kontrola zauzetosti odsjeka s dvije brojačke točke

Blok shema kontrole zauzetosti odsjeka s dvije brojačke točke prikazana je na slici 2. Sa svakog vanjskog uređaja VUR signal se može poslati i na unutarnji uređaj za kontrolu susjednog odsjeka. Svaki se vanjski uređaj može napajati iz prikazanog unutarnjeg uređaja UNUR po istim dvožičnim vezama, ili iz UNUR-a za susjedni odsjek, ovisno o prespoju na izlaznim stezaljkama unutarnjeg uređaja UNUR. Smjer brojanja na svakoj brojačkoj točki (ubrojavanje ili izbrojavanje) također se definira kratkim spajanjem određenih stezaljki na UNUR-u.

Moduli ulaznih pojačala UP unutarnjeg uređaja UNUR utiču se na prve dvije pozicije UP1 i UP2 za dvije brojačke točke, dok se na poziciju UP3 stavlja samo slijepa ploča. Također se slijepa ploča stavlja na poziciju DC100V2, odakle se inače prema potrebi napaja treća brojačka točka.



Slika 5

4.2. Kontrola zauzetosti odsjeka s tri brojačke točke

Odsjek sa tri brojačke točke sadrži skretnicu, a može se nalaziti na otvorenoj pruzi ili u području stanice.

Preko sve tri brojačke točke koje se spajaju na unutarnji uređaj UNUR dozvoljen je istovremeni prijevoz vlaka te se one mogu nalaziti i u neposrednoj okolini same skretnice. Sve tri brojačke točke mogu se napajati iz UNUR-a i u tom se slučaju utiču oba modula za napajanje brojačkih točki DC100V1 i DC100V2.

4.3. Kontrola zauzetosti odsjeka s 4 brojačke točke

Odsjek s 4 brojačke točke može sadržavati križište odnosno duplu skretnicu kao na slici 5.

Kod skretničkih odsjeka kao na slici 5 uvijek postoje barem dvije brojačke točke preko kojih je nemoguć istovremeni prijevoz vlaka. Zbog toga se brojačka točka 3-2 dodaje na UNUR sa uređaja za proširenje broja brojačkih točki PBT te se ona vodi u procesorsku obradu paralelno sa brojačkom točkom 3. U uređaj PBT se u ovom slučaju utiče samo jedan modul ulaznog pojačala UP na poziciju UP3-2. Napajanje brojačke točke 3-2 može se dovesti sa modula DC100V2 u UNUR-u jer svaki modul DC100V može napajati 2 brojačke točke te se on može iskoristiti za napajanje još jedne brojačke točke izvan okvira UNUR-a.

4.4. Kontrola zauzetosti odsjeka s više 4 brojačke točke

U staničnom području može se javiti potreba za kontrolom zauzetosti odsjeka s više od 4 brojačke točke kao na primjer na slici 6. S obzirom da odsjek na slici 6 ima 6 brojačkih točki, 3 brojačke točke (3-2, 3-3 i 3-4) dodaju se sa uređaja PBT za proširenje broja brojačkih točki paralelno sa brojačkom točkom 3 na UNUR.

Kao što se vidi na slici 6 brojačka točka 1 mora imati mogućnost istovremenog prijevoza vlaka sa svakom preostalom brojačkom točkom, dok sve ostale brojačke točke između sebe ne moraju imati tu mogućnost jer je preko njih istovremeni prijevoz nemoguć. U uređaj PBT u ovom se slučaju utiču moduli UP3-2, UP3-3 i UP3-4, a ako je ove brojačke točke potrebno i napajati utiče se i modul DC100V6 kao napajanje dviju od njih. Treća brojačka točka na PBT može se napajati sa modula DC100V2 na UNUR-u.

5. ZAKLJUČAK

Kao što je prikazano u primjerima primjene Brojača osovina BO1, uređaj je prilagođen za višestruku primjenu, od detekcije prisutnosti vlaka na sekciji sa samo dvije brojačke točke, dakle kontrole zauzetosti odsjeka otvorene pruge u okviru automatskog pružnog bloka ili međustanične ovisnosti, pa sve do kompleksnijih konfiguracija u primjeni na kolosječnim i skretničkim staničnim odsjecima, koje uključuju više brojačkih točaka.

Sigurnost primjene ovakvog uređaja u kontroli zauzetosti odsjeka višestruka je u odnosu na sigurnost nekih drugih metoda, kao što su na primjer metoda izoliranih odsjeka. Posljednja događanja u mnogim dijelovima željezničke infrastrukture ukazuju na to da je upotreba brojača osovina najprihvatljivija tehnologija u sigurnosti željezničkih odsjeka.

LITERATURA

[1] Projektna dokumentacija BO1, ALTPRO, D215500-0001
[2] Tehnička dokumentacija BO1 ALTPRO, D21500-0200
[3] Tehnička dokumentacija ZK24 ALTPRO, D215560-0200

AXLE COUNTER BO1 APPLICATION FOR TRACK SECTION OCCUPANCY CONTROL OF THE AUTOMATIC BLOCK SECTIONS AND STATION SECTIONS

Darko Barišić, Zvonimir Viduka

Abstract – *One of the most reliable methods for the train presence detection on the track section today is the principle of counting the axles on the section's entrance and exit point by the axle counter device. The equipment structure and application of the axle counter BO1 is here described. The axle counter BO1 belongs to the newer generation of such devices and it is built in microprocessor technology that provides local and remote diagnostics on the personal computer, memorizing the passage of the last 700 trains, etc. Beside the already accepted axle counter application in this area for open track section occupancy control in automatic block sections, here is also described the axle counter BO1 application for occupancy control of the station's track and crossing point sections.*

Key words – railway, counter, section, axle

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

KORIŠTENJE BROJAČA OSOVINA BO1 ZA KONTROLU ZAUZEĆA ODSJEKA APB-A, MEĐUKOLODVORSKE OVISNOSTI I STANIČNIH ODSJEKA

Darko Barišić [1], Zvonimir Viduka [2]

Rezime *– Jedna od najpouzdanijih metoda za detekciju prisutnosti vlaka na pojedinom odsjeku željezničke pruge danas je svakako princip brojanja osovina na ulazu i izlazu tog odsjeka pomoću uređaja brojača osovina. Ovdje je opisana struktura i primjena brojača osovina BO1. Brojač osovina BO1 pripada novijoj generaciji takvih uređaja te je izveden u mikroprocesorskoj tehnici što omogućuje lokalnu i daljinsku dijagnostiku na osobnom računalu, pamćenje prolaza posljednjih 700 vlakova i sl. Osim već poznate primjene brojača osovina na ovim prostorima za kontrolu zauzeća odsjeka otvorene pruge u okviru automatskog pružnog bloka ili međukolodvorske ovisnosti, opisano je i korištenje brojača osovina BO1 za kontrolu kolosiječnih i skretničkih staničnih odsjeka*

Ključne reči – željeznica, brojač, odsjek, osovina

1. UVOD

Na zahtjev Hrvatskih željeznica tvrtka ALTPRO d.o.o. razvila je brojač osovina BO1. Uz nadzor komisije s Hrvatskih željeznica uređaj je ispitan i atestiran u zagrebačkim laboratorijima Končar Instituta za elektrotehniku i Brodarskog Instituta. Danas je brojač osovina BO1 u pogonu na mnogim pružnim lokacijama u Hrvatskoj te doprinosi bržem i sigurnijem odvijanju prometa na Hrvatskim željeznicama.

Brojač osovina BO1 može se koristiti za kontrolu zauzeća odsjeka otvorene pruge u okviru automatskog pružnog bloka ili međukolodvorske ovisnosti ili za kontrolu kolosiječnog ili skretničkog staničnog odsjeka.

2. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE

Od tehničkih značajki brojača osovina BO1 možemo izdvojiti slijedeće:

Slika 1

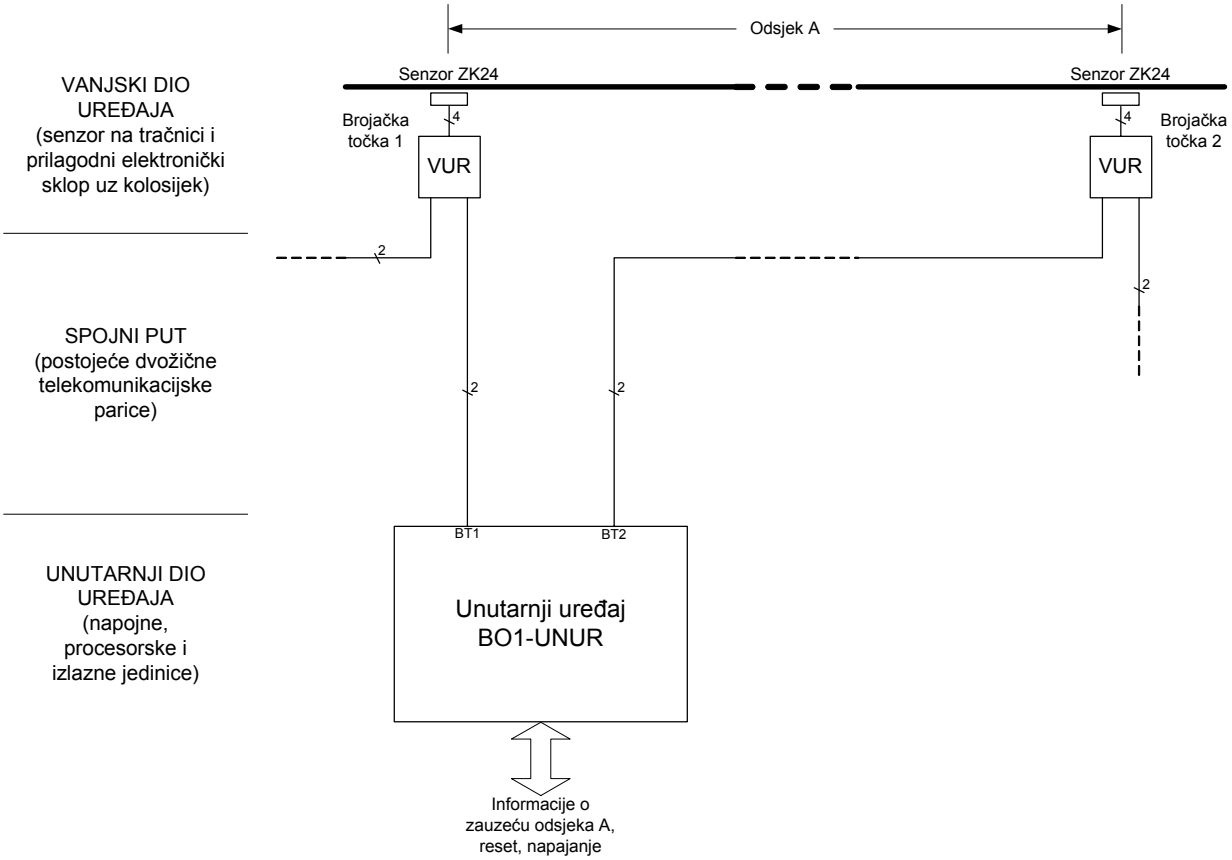
- Dvožična veza sa vanjskim uređajem (napajanje i prijenos signala po istom vodu)
- Udaljenost vanjskog od unutarnjeg uređaja i do 30 km (vodovi Ø1.4mm)
- Mogućnost praćenja i dijagnostike na PC-računalu; lokalno i daljinski (preko modema)
- Pamćenje posljednjih 700 prolaza vlakova preko pojedine brojačke točke i zapis točnog vremena i datuma; neizbrisivost podataka nestankom napajanja
- Kontrola odsjeka sa 2 ili 3 brojačke točke; proširenje do maksimalno 12 brojačkih točki na odsjeku uz dodatni okvir na unutarnjem uređaju
- Elektronički induktivni senzor ovoja kotača duple strukture na brojačkoj točki – detekcija smjera i pravilne pozicije uz tračnicu
- Brojanje osovina do brzine vlaka od 250 km/h (na zahtjev izvedba do 400 km/h)
- Održavanje se svodi samo na vizualne preglede
- Rad vanjskog uređaja u području –40°C…..+80°C
- Izlazne informacije za APB uređaj u vidu kontakata sigurnosnih releja ili serijskog računalnog sučelja RS422, RS232
- Uređaj je atestiran u Končar Institutu za elektrotehniku u Zagrebu, izvještaji br. 90/122, 90/123
- Od Hrvatskih željeznica izdana je Suglasnost za korištenje br. 27/03

3. STRUKTURA BROJAČA OSOVINA BO1

Brojač osovina BO1 sastoji se od vanjskog dijela uređaja na kolosijeku i unutarnjeg dijela uređaja u relejnoj prostoriji stanice ili u APB-kućici kao što je prikazano na slici 2.

Spojni put se ne smatra dijelom brojača osovina jer se obično koriste postojeći željeznički telekomunikacijski vodovi. Veza između vanjskog i unutarnjeg uređaja je dvožična (jedna dvožična telekomunikacijska parica).

[1] Darko Barišić, dipl.inž.elek., ALTPRO d.o.o., Drvinje 63, Zagreb, Hrvatska, darko.barisic@altpro.hr
[2] Zvonimir Viduka, dipl.inž.elek., ALTPRO d.o.o., Drvinje 63, Zagreb, Hrvatska, zvonimir.viduka@altpro.hr

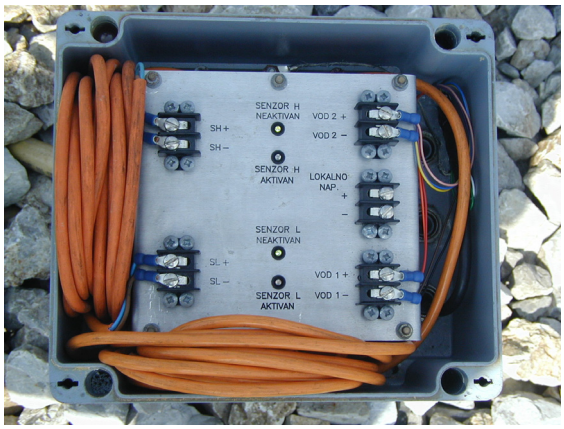


(2)

3.1. SASTAV VANJSKOG DIJELA UREĐAJA

Vanjski dio uređaja se na svakoj brojačkoj točki sastoji od dva senzorska sustava smještena u istom kućištu, montiranima na tračnicu na nosaču s obuhvatnicom, od lijevog i desnog štitnika senzora učvršćenih na istu tračnicu, te od kontrolne elektronike (VUR) u kutiji uz kolosijek. Slika 1 prikazuje kontrolnu elektroniku i senzor na nosaču montirane uz tračnicu sa pripadajućim štitnicima.

Vanjski uređaj VUR smješten je u kutiji na stupiću uz kolosijek u kojem se nalazi kontrolna elektronika koja napaja i kontrolira senzore te modulira i šalje signale sa oba senzora po istom dvožičnom telekomunikacijskom vodu do unutarnjeg uređaja. Po istom vodu vanjski uređaj dobiva i istosmjerno napajanje (slika 3).



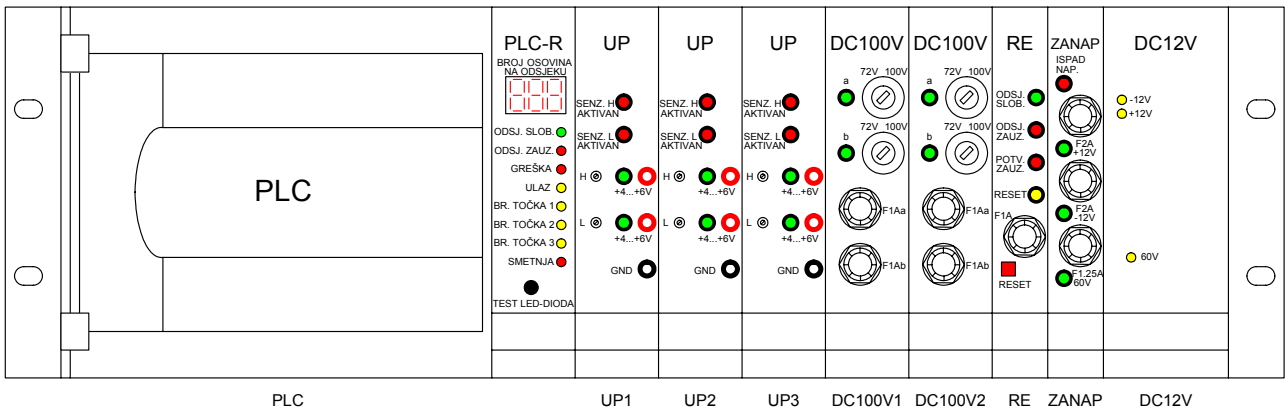
Slika 3

3.2. SASTAV UNUTARNJEG DIJELA UREĐAJA

Unutarnji uređaj UNUR brojača osovina BO1 izveden je modularno u 19″ Eurocard okviru visine 3U (slika 4). Na prvoj poziciji slijeva nalazi se modul PLC koji sadrži programibilni logički kontroler sa prikaznom jedinicom broja osovina i ostalih značajnih podataka (zauzeće odsjeka, smjer, smetnje, greške i sl.). U procesoru PLC-a odvija se višestruki sigurnosni program za obradu signala sa senzora, razlučivanje smetnje od impulsa kotača, brojanje osovina i davanje informacija o zauzetosti odsjeka. Preko serijskog sučelja na PLC-u podaci zadnjih 700 prolaza vlakova mogu se prenijeti na osobno računalo direktno ili daljinski preko modema. Dalje slijede tri modula ulaznog pojačala UP (UP1, UP2, UP3) koji galvanski odvajaju i prilagođavaju signale s brojačkih točki na PLC.

Zatim slijede dva modula napajanja brojačkih točki DC100V (DC100V1, DC100V2) od kojih svaki može neovisno i galvanski odvojeno napajati po dvije brojačke točke. Modul relejnog izlaza RE služi za davanje informacije o zauzetosti odsjeka u obliku kontakata sigurnosnih releja. Moduli ZANAP i DC12V služe za glavno napajanje uređaja s galvanskim odvajanjem i zaštitama.

Unutarnji uređaj UNUR može kontrolirati zauzetost jednog odsjeka s maksimalno 3 brojačke točke. Kod korištenja brojača osovina BO1 za kontrolu zauzetosti odsjeka s više od 3 brojačke točke na uređaj UNUR priključuje se dodatni uređaj PBT za proširenje broja brojačkih točki izveden u okviru iste veličine. Spajanjem dodatnog uređaja PBT broj brojačkih točki može se proširiti do maksimalno 12 brojačkih točki, sa ili bez vlastitog



Slika 4

napajanja. Uređaj PBT koristi identične module ulaznog pojačala UP i napajanja brojačkih točki DC100V kao i uređaj UNUR.

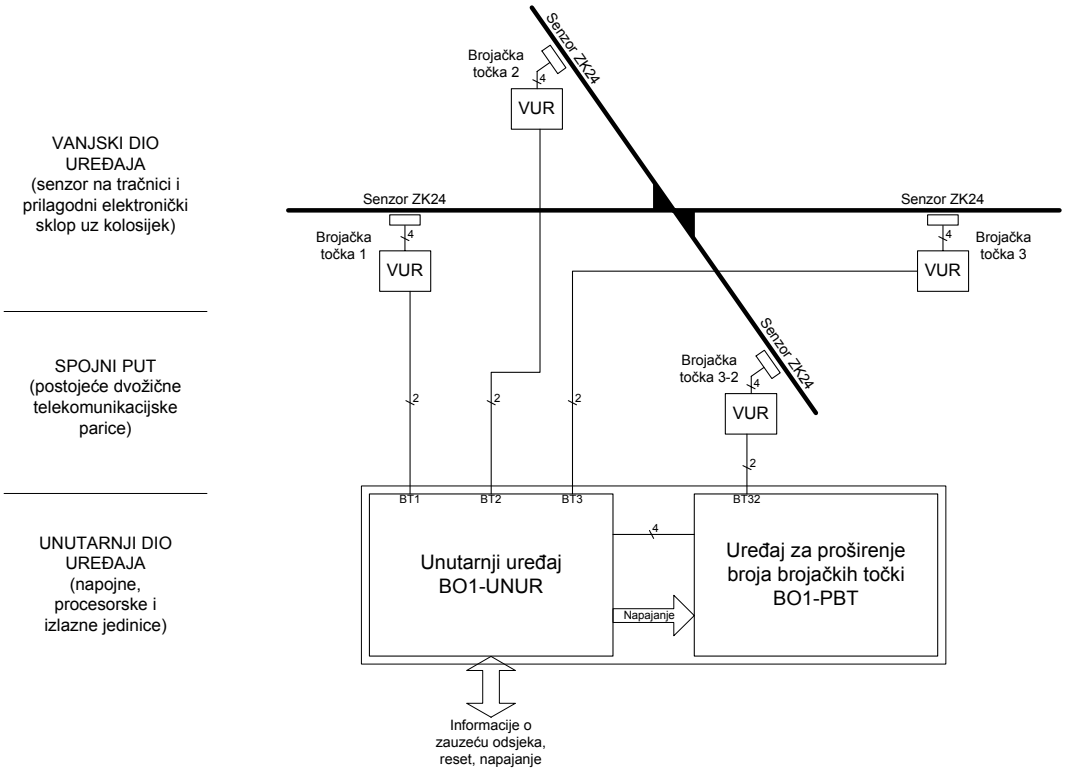
4. Primjena brojača osovina BO1

Brojač osovina BO1 primjenjuje se za kontrolu zauzetosti odsjeka željezničke pruge gdje god je potrebno kontrolirati zauzetost. Na otvorenoj pruzi je to kontrola zauzetosti odsjeka u sastavu automatskog pružnog bloka (APB) ili međustanične zavisnosti; u području stanica brojač može kontrolirati zauzetost pojedinih staničnih odsjeka uključujući skretnice, križišta, slijepe kolosijeke, itd.

4.1. Kontrola zauzetosti odsjeka s dvije brojačke točke

Blok shema kontrole zauzetosti odsjeka s dvije brojačke točke prikazana je na slici 2. Sa svakog vanjskog uređaja VUR signal se može poslati i na unutarnji uređaj za kontrolu susjednog odsjeka. Svaki se vanjski uređaj može napajati iz prikazanog unutarnjeg uređaja UNUR po istim dvožičnim vezama, ili iz UNUR-a za susjedni odsjek, ovisno o prespoju na izlaznim stezaljkama unutarnjeg uređaja UNUR. Smjer brojanja na svakoj brojačkoj točki (ubrojavanje ili izbrojavanje) također se definira kratkim spajanjem određenih stezaljki na UNUR-u.

Moduli ulaznih pojačala UP unutarnjeg uređaja UNUR utiču se na prve dvije pozicije UP1 i UP2 za dvije brojačke točke, dok se na poziciju UP3 stavlja samo slijepa ploča. Također se slijepa ploča stavlja na poziciju DC100V2, odakle se inače prema potrebi napaja treća brojačka točka.



Slika 5

4.2. Kontrola zauzetosti odsjeka s tri brojačke točke

Odsjek sa tri brojačke točke sadrži skretnicu, a može se nalaziti na otvorenoj pruzi ili u području stanice.

Preko sve tri brojačke točke koje se spajaju na unutarnji uređaj UNUR dozvoljen je istovremeni prijevoz vlaka te se one mogu nalaziti i u neposrednoj okolini same skretnice. Sve tri brojačke točke mogu se napajati iz UNUR-a i u tom se slučaju utiču oba modula za napajanje brojačkih točki DC100V1 i DC100V2.

4.3. Kontrola zauzetosti odsjeka s 4 brojačke točke

Odsjek s 4 brojačke točke može sadržavati križište odnosno duplu skretnicu kao na slici 5.

Kod skretničkih odsjeka kao na slici 5 uvijek postoje barem dvije brojačke točke preko kojih je nemoguć istovremeni prijevoz vlaka. Zbog toga se brojačka točka 3-2 dodaje na UNUR sa uređaja za proširenje broja brojačkih točki PBT te se ona vodi u procesorsku obradu paralelno sa brojačkom točkom 3. U uređaj PBT se u ovom slučaju utiče samo jedan modul ulaznog pojačala UP na poziciju UP3-2. Napajanje brojačke točke 3-2 može se dovesti sa modula DC100V2 u UNUR-u jer svaki modul DC100V može napajati 2 brojačke točke te se on može iskoristiti za napajanje još jedne brojačke točke izvan okvira UNUR-a.

4.4. Kontrola zauzetosti odsjeka s više 4 brojačke točke

U staničnom području može se javiti potreba za kontrolom zauzetosti odsjeka s više od 4 brojačke točke kao na primjer na slici 6. S obzirom da odsjek na slici 6 ima 6 brojačkih točki, 3 brojačke točke (3-2, 3-3 i 3-4) dodaju se sa uređaja PBT za proširenje broja brojačkih točki paralelno sa brojačkom točkom 3 na UNUR.

Kao što se vidi na slici 6 brojačka točka 1 mora imati mogućnost istovremenog prijevoza vlaka sa svakom preostalom brojačkom točkom, dok sve ostale brojačke točke između sebe ne moraju imati tu mogućnost jer je preko njih istovremeni prijevoz nemoguć. U uređaj PBT u ovom se slučaju utiču moduli UP3-2, UP3-3 i UP3-4, a ako je ove brojačke točke potrebno i napajati utiče se i modul DC100V6 kao napajanje dviju od njih. Treća brojačka točka na PBT može se napajati sa modula DC100V2 na UNUR-u.

5. ZAKLJUČAK

Kao što je prikazano u primjerima primjene Brojača osovina BO1, uređaj je prilagođen za višestruku primjenu, od detekcije prisutnosti vlaka na sekciji sa samo dvije brojačke točke, dakle kontrole zauzetosti odsjeka otvorene pruge u okviru automatskog pružnog bloka ili međustanične ovisnosti, pa sve do kompleksnijih konfiguracija u primjeni na kolosječnim i skretničkim staničnim odsjecima, koje uključuju više brojačkih točaka.

Sigurnost primjene ovakvog uređaja u kontroli zauzetosti odsjeka višestruka je u odnosu na sigurnost nekih drugih metoda, kao što su na primjer metoda izoliranih odsjeka. Posljednja događanja u mnogim dijelovima željezničke infrastrukture ukazuju na to da je upotreba brojača osovina najprihvatljivija tehnologija u sigurnosti željezničkih odsjeka.

LITERATURA

[1] Projektna dokumentacija BO1, ALTPRO, D215500-0001
[2] Tehnička dokumentacija BO1 ALTPRO, D21500-0200
[3] Tehnička dokumentacija ZK24 ALTPRO, D215560-0200

AXLE COUNTER BO1 APPLICATION FOR TRACK SECTION OCCUPANCY CONTROL OF THE AUTOMATIC BLOCK SECTIONS AND STATION SECTIONS

Darko Barišić, Zvonimir Viduka

Abstract – *One of the most reliable methods for the train presence detection on the track section today is the principle of counting the axles on the section's entrance and exit point by the axle counter device. The equipment structure and application of the axle counter BO1 is here described. The axle counter BO1 belongs to the newer generation of such devices and it is built in microprocessor technology that provides local and remote diagnostics on the personal computer, memorizing the passage of the last 700 trains, etc. Beside the already accepted axle counter application in this area for open track section occupancy control in automatic block sections, here is also described the axle counter BO1 application for occupancy control of the station's track and crossing point sections.*

Key words – railway, counter, section, axle

ПРИЛОГ ПРОРАЧУНУ ВЕЗА ПОД УГЛОМ У ЗАКОВАНОЈ ИЗРАДИ

Драган Величковић [1]

Резиме: *У раду су изведене једначине за прорачун веза под углом у циљу одређивања положаја неутралне осе, када се она налази на чеоној плочи, и највећег нормалног напона затезања у спојном средству. Такође су изведене једначине за одређивање највећег и најмањег нормалног напона затезања у спојним средствима, односно највећег и најмањег нормалног напона притиска на чеоној плочи, за случај када се неутрална оса налази ван чеоне плоче. Који ће се од ова три могућа случаја јавити за решење проблема везе искључиво зависи од поље сила које се јавља у меродавном пресеку за димензионисање везе. Веза се изводи помоћу чеоне плоче и спојних средстава у закованој изради. Прорачун је изведен за општи случај поља сила тј. за случај када су све три силе у пресеку M, T и N, у меродавном пресеку за димензионисање везе, различите од нуле. У раду је дат и табеларни приказ резултата за најчешће случајеве типова веза које се јављају у грађевинско - конструктерској пракси.*

Кључне речи: челична конструкција, веза под углом, крута веза, чеона плоча, спојно средство.

1. УВОД

У постојећој стручној и универзитетској литератури из области челичних конструкција постоји већи број примера поступака прорачуна за димензионисање везе два штапа под углом, применом методе допуштеног поља напона, као и применом методе граничних стања поља напона или деформација. Код оваквих веза најчешћи случај је да се поред трансверзалне сие, у меродавном пресеку за димензионисање везе, јавља и момент савијања и тај случај је у литератури доста јасно обрађен.

Међутим, случај када се поред трансверзалне силе и момента савијања у пресеку на месту везе јавља и нормална сила, што је такође врло чест случај, досад није шире обрађиван у научно-стручној литератури, па је зато овај случај везе, за сва три поља напона која се могу појавити у меродавном пресеку везе за њено димензионисање, постао предмет овог рада.

Изведене једначине представљају решење проблема у домену еластичног понашања везе. Једначине су добијене на основу формулисаних математичких модела за сва три могућа стања поља сила и напона и срећених условних једначина равнотеже за ослобођену чеону плочу у посматраном меродавном пресеку везе.

Код непосредног решавања овог проблема у циљу добијања бројних вредности за тражене непознате величине, које се јављају у изведеним нелинеарним једначинама за решење проблема у циљу димензионисање везе, применити неки од савремених математичких софтверских програма за добијање нумеричког решења са жељеном тачношћу за поменуте непознате величине.

2. ОСНОВНЕ ПОСТАВКЕ

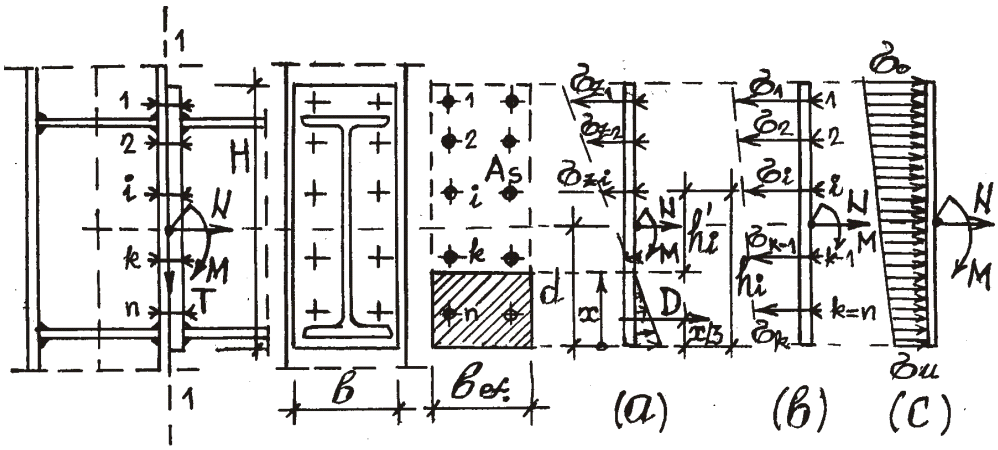
Усвојено је да је основни материјал, како за штапове тако и за спојна средства, којима се веза непосредно остварује, у фази оптерећења за све време у зони еластичног понашања.

Из ове основне поставке добија се линеарна расподела сила тј. нормалних напона затезања у спојним средствима као и за нормалне напоне притиска на чеоној плочи.

3. РЕШЕЊЕ ПРОБЛЕМА

На основу усвојених поставки, проблем димензионисања веза под углом изведених помоћу чеоне плоче и спојних средстава у закованој изради, своди се на одређивање максималне затежуће силе у спојном средству, односно на прорачун максималног нормалног напона затезања у спојном средству, и одређивање положаја неутралне осе, сл. 1 случај (а), или одређивања највећег и најмањег нормалног напона затезања у спојним средствима, сл. 1 случај (б), односно највећег и најмањег нормалног напона притиска на чеоној плочи, сл. 1 случај (ц). Који од ова три поменута случаја поља напона на чеоној плочи, односно поља сила у спојним средствима, ће се јавити зависи у првом реду од поље унутрашњих сила M, T і N, које се јавља у пресеку на месту везе чеоне плоче.

[1] др Драган Величковић ред. проф., Грађевинско-архитектонски факултет Ниш, velicko43@EUnet.yu



Слика 1. Веза под углом остварена чеоном плочом и завртњевима

У општем случају у пресеку 1-1 (слика 1.), који је меродавнан за димензионисање везе јављају се момент савијања, нормална и трансверзална сила. Коришћењем условних једначина равнотеже за ослобођену чеону плочу, проблем се своди на решавање једног од три пара нелинеарних једначина са три или две непознате зависно од поље сила које се јавља у меродавном пресеку за димензионисање везе.

За распоред спојних средстава према слици 1. уведене су следеће величине и њихове ознаке за решење проблема:

За познате величине:

M, T и N – су силе у пресеку у меродавном пресеку за димензионисање везе (1-1),

H – укупна висина чеоне плоче,

- d - је растојање тежишта попречног пресека конзоле, ригле или стуба од ивице чеоне плоче која је притиснута услед момента савијања M,
- h_i– је растојање и – тог реда спојних средстава од ивице чеоне плоче која је притиснута услед момента савијања M,
- h_i' - је растојање и – тог реда затегнутих спојних средстава од неутралне осе на чеоној плочи,
- $b_{еф.}$ – је ефективна ширина чеоне плоче за посматрану везу под углом,
- A_s– је површина испитног пресека тј. језра попречног пресека усвојених спојних средстава на чеоној плочи,
- m – је усвојени број колона спојних средстава на чеоној плочи,
- $m_{еф.}$ – је ефективни број колона спојних средстава на чеоној плочи,
- n – је усвојени број редова спојних средстава на чеоној плочи.
- **Б. За непознате величине:**
- k – је број редова затегнутих спојних средстава на чеоној плочи,
- x – је растојање неутралне осе од ивице чеоне плоче која је притиснута услед момента савијања M,
- σ_{z1} – је максимални нормални напон затезања у спојном средству,
- $\sigma_{1_}$ је нормални напон затезања у 1. реду спојних средстава на чеоној плочи,
- σ_n - је нормални напон затезања у n.-том реду спојних средстава на чеоној плочи,
- σ_g - је нормални напон притиска на горњој ивици чеоне плоче и
- σ_d - је нормални напон притиска на доњој ивици чеоне плоче.

2.1 Први случај – сл.1.а

Из првог услова равнотеже и сл. 1.а , тј.из услова:

$$\sum X = 0 \Rightarrow \qquad N + D - m_{ef.} \cdot \sum_{i=1}^{k} Z_i = 0\,, \qquad (1)$$

где је: $D = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_{z1}}{(h_1 - x)} \cdot b_{ef} \cdot x^2$ а

$$Z_i = \frac{Z_1}{h_1'} \cdot h_i' = \frac{\sigma_{z1} \cdot A_s}{(h_1 - x)} \cdot (h_i - x) \qquad (2)$$

$m_{еф.}$ = m = 2 – ако су усвојене две колоне спојних средстава на чеоној плочи а

$m_{еф.}$ = $2 \cdot 1{,}0 + 2 \cdot 0{,}8 = 3{,}6$ – ако су усвојене четири колоне спојних средстава на чеоној плочи, јер је носивост спољњих колона спојних средстава мања за 20%, због повећане деформабилности дела чеоне плоче.

Заменом наведених величина датих под (2) у једначини (1) и њеним сређивањем добија се прва једначина за решење проблема:

$$b_{ef}\sigma_{z1}x^2 - 2Nx + 2m_{ef.}A_s k\sigma_{z1}x - 2m_{ef.}A_s\sigma_{z1} \cdot \sum_{i=1}^{k} h_i + 2N \cdot h_1 = 0 \qquad (3)$$

Из другог услова равнотеже и сл. 1.а, тј. из услова:

$$\sum M = 0 \Rightarrow$$

$$N \cdot \left(d - \frac{x}{3}\right) + M - m_{ef.} \cdot \sum_{i=1}^{k} Z_i \cdot \left(h_i - \frac{x}{3}\right) = 0 \qquad (4)$$

Заменом израза за Z_i датог под (2) у једначини (4) и њеним сређивањем, добија се и друга једначина за решење проблема, која гласи:

$$N\cdot\left(d-\frac{x}{3}\right)+M-\frac{m_{ef.}}{3}\cdot\frac{A_s\cdot\sigma_{z1}}{(h_1-x)}\cdot\sum_{i=1}^{k}\left(3\cdot h_i^2-4\cdot h_i\cdot x+x^2\right)=0 \quad (5)$$

Непознате величине у (3) и (5) су к, х и σ_{z1} а њихове добијене вредности су реалне само ако су све позитивне.

2.2 Други случај - сл.1.б

Из првог услова равнотеже и сл. 1.б тј.из услова:

$$\sum X=0\Rightarrow\ N\ -m_{ef.}\cdot A_s\cdot\sum_{i=1}^{n}\sigma_i=0 \quad (а)$$

где је: $\sigma_i=\sigma_1-\frac{(\sigma_1-\sigma_n)}{(h_1-h_n)}\cdot(h_1-h_i)$ (б)

Заменом израза за σ_i датог под (б) у једначини (а) добија се прва једначина за решење проблема, која гласи:

$$N\ -m_{ef.}\cdot A_s\sum_{i=1}^{n}\left[\sigma_1-\frac{(\sigma_1-\sigma_n)}{(h_1-h_n)}\cdot(h_1-h_i)=0\right] \quad (6)$$

Из другог услова равнотеже и сл. 1.b, тј. из услова:

$$\sum M=0\Rightarrow N\cdot d+M-$$
$$-m_{ef}A_s\sum_{i=1}^{n}\left[\sigma_1-\frac{(\sigma_1-\sigma_n)}{(h_1-h_n)}(h_1-h_i)\right]\cdot h_i=0 \quad (7)$$

Непознате величине у (6) и (7) су σ_1 и σ_n а њихове добијене вредности су реалне само ако су позитивне тј. ако су сва спојна средства на плочи затегнута.

2.3 Трећи случај – сл.1.с

Из првог услова равнотеже и сл. 1.с тј.из услова:

$$\sum X=0\Rightarrow\quad N+\left(\frac{\sigma_g+\sigma_d}{2}\right)\cdot b_{ef.}\cdot H=0 \quad (8)$$

Из другог услова равнотеже и сл. 1.с тј. из услова:

$$\sum M=0\Rightarrow N\cdot d+M+\sigma_g\frac{b_{ef}\cdot H}{2}\cdot\frac{2}{3}\cdot H+$$
$$+\sigma_d\cdot\frac{b_{ef}\cdot H}{2}\cdot\frac{1}{3}\cdot H=0\Rightarrow \quad (9)$$

Непознате величине у (8) и (9) су σ_g и σ_d а њихове добијене вредности су реалне само ако су обе позитивне тј. ако су оба нормална напона напони притиска.

Решавањем система једначина (3) и (5), (6) и (7) или (8) и (9) зависно од поље сила у меродавном пресеку везе, а тиме и напонског стања у спојним средствима и на чеоној плочи, долази се коначно и до решења постављеног проблема.

До решења једначина (3) и (5), тј. решења постављеног проблема за тај случај поље унутрашњих сила и појаве напонског стања у спојним средствима и на чеоној плочи, може се доћи методом итерације задајући за непознату величину (к) вредности од 1 до n, где је n – број редова спојних средстава на чеоној плочи. После задавања вредности за к, проблем се своди на решавање две нелинеарне једначине са две непознате по x-y и σ_{z1}. Добијено решење је коректно ако се за претпостављено к добије вредност за положај неутралне осе х између к-тог и к+1-ог реда спојних средстава на чеоној плочи.

Трансверзална сила Т, у меродавном пресеку за димензионисање везе под углом , подједнако се расподељује на сва спојна средства на чеоној плочи.

На крају, у најоптерећенијем спојном средству на чеоној плочи потребно је извршити и контролу упоредног напона.

Табела 3 Бројни примери за сва три могућа случаја поља сила код везе штапова под углом

H=60.0cm; $b_{ef.}$=25.0cm; d=30.0cm; $m_{ef.}$=2kol.; n=5kom.; A_s=3.53cm^2; h_1=50.0cm; h_2=40.0cm; h_3=30.0cm; h_4=20.0cm i h_5=10.0cm.									
Ред. бр.	N /kN/	M /kNcm/	k	x /cm/	σ_{z1} /kN/cm^2/	σ_1 /kN/cm^2/	σ_n /kN/cm^2/	σ_g /kN/cm^2/	σ_d /kN/cm^2/
ПОЉЕ СИЛА ПРИПАДА⇒			СЛУЧАЈУ СА СЛ. 1.а			СЛУЧАЈУ СА СЛ. 1.б		СЛУЧАЈУ СА СЛ. 1.ц	
1	300	5000	5	3,83	18,71	/	/	/	/
2	0	5000	5	7,90	7,41	/	/	/	/
3	-300	6000	2	31,66	0,45	/	/	/	/
4	500	0	5	/	/	14,16	14,16	/	/
5	500	50	5	/	/	14,31	14,02	/	/
6	500	-50	5	/	/	14,02	14,31	/	/
7	-1200	0	0	/	/	/	/	0,80	0,80
8	-1200	500	0	/	/	/	/	0,77	0,83
9	-1200	-500	0	/	/	/	/	0,83	0,77

4. ЗАКЉУЧАК

У раду је дат прилог прорачуну веза под углом у закованој изради у челичним конструкцијама. Обрађена су сва три могућа случаја поља сила, а тиме и поља напона, која се могу јавити у спојним средствима и на чеоној плочи када су у меродавном пресеку везе, све три силе у пресеку M, T и N различите од нуле или се јави било која од њихових комбинација.

Изведене нелинеарне, вишепараметарске једначине могу да се користе код прорачуна везе стуб-ригла, стуб-конзола и попречни-подужни носач.

Овим радом даје се допринос у исправљању и употпуњавању наше научне, стручне и наставно-универзитетске литературе из области челичних конструкција за димензионисање ових веза према методи дозвољених поља напона и деформација .

ЛИТЕРАТУРА

[1] Милосављевић, М., Радојковић, М., Кузмановић, Б.: "Основи челичних конструкција", Грађевинска књига, Београд, 1978., 303 – 316.

[2] Величковић, Д.: "Челичне конструкције", Грађевински факултет Универзитета у Нишу, Ниш, 1994., 137 – 180.

[3] Дебељковић, М.: "Челичне конструкције у индустријским објектима", Грађевинска књига, Београд, 1995.

[4] Буђевац, Д., : "Челичне конструкцијерукције у зградарству", Медифарм и Грађевинска књига, Београд, 1992., 377 – 414.

[5] Буђевац, Д., и други: "Металне конструкције", Грађевинска књига, Београд, 1999., 363 - 416.

[6] Величковић, Д.: "Прилог проучавању монтажних веза у челичним конструкцијама", Саветовање: Моделирање, прорачун и испитивање конструкција, Грађевински факултет у Нишу, Ниш, 1994.

[7] Величковић, Д., А. Цилић, С. Живковић. "Прилог прорачуну веза под углом у закованој изради у челичним конструкцијама", ЈУДИМК XXII Конгрес, Зборник радова, Нишка Бања, 2002. год. од 269 до 274 странице.

CONTRIBUTION TO THE DESIGN OF BOLTED ANGLECONNECTION IN THE STEEL STRUCTURES

Dragan Veličković

Summary: *The paper presents the equations for the determination of the neutral axis position, as well as the values of maximum normal tensil stress in the connection mean, for the case of the rigid angle connection of two elements in steel structure. The connection is effected by the butt plate and bolts. The design was made for the case when all three secting forces, M, T and N, are, in the designed section for the dimensioning of the connection, other than zero. The paper also presents the display of the results in tables, for the most common types of connections occuring in the civil engineering-designing practice.*

Key words: steel structure, angle connection, rigid connection, butt plate, connection mean.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

PRIMENA KOLOSEKA NA ČVRSTOJ PODLOZI U OBLASTI REKONSTRUKCIJE ŽELEZNIČKIH PRUGA

Zdenka Popović [1]

Rezime *- Proces rekonstrukcije, sanacije i modernizacije železničke pruge sastavni je deo njenog "životnog veka" i sprovodi se neizostavno kako bi pruga mogla da ispuni svoje zadatke kroz vreme na optimalan način. U radu se ukazuje na specifičnost projekta rekonstrukcije u odnosu na projekat nove pruge. Definiše se osnovna hijerarhijska šema za donošenje odluke o rekonstrukciji i obavezne faze izrade projektne dokumentacije. Posebno se obrazlažu specifični zahtevi rekonstrukcije gornjeg stroja. Težište rada su kriterijumi za primenu konstrukcije koloseka na čvrstoj podlozi. U radu se definušu tehnički zahtevi po pojedinim elementima gornjeg stroja. Posebno se ukazuje na problem i moguća rešenja prelazne konstrukcije sa koloseka na čvrstoj podlozi na kolosek u tucaničkoj zastornoj prizmi.*

Ključne reči: železnica, rekonstrukcija, kolosek na čvrstoj podlozi.

1. POJAM REKONSTRUKCIJE, SANACIJE I MODERNIZACIJE

Efikasno, pouzdano i bezbedno odvijanje saobraćaja na železničkoj mreži, uz konkurentnost ostalim vidovima saobraćaja, zahteva stalna ulaganja u održavanje, modernizaciju, sanaciju i rekonstrukciju železničke infrastrukture, kao i građenje novih deonica železničkih pruga.

Sasvim je jasno da je rekonstrukcija postojeće mreže pruga u Srbiji i njeno dovođenje na viši funkcionalni i kvalitativni nivo strategijski prioritet u odnosu na novogradnju. Poznato je da su pruge u Srbiji stare preko 100 godina: Prva železnička pruga u Srbiji, nakon Berlinskog kongresa, izgrađena je od Beograda do Niša i predata u saobraćaj 15. septembra 1884. godine, što ovu godinu čini godinom značajnog jubileja. Nažalost, poznato je i zabrinjavajuće stanje železničke infrastrukture: pruge su najvećim delom jednokolosečne, uglavnom neelektrificirane, po pravilu sa zastarelom opremom i nedovoljno održavane. Posledice ovakvog stanja železničke infrastrukture su logične: male brzine, nepouzdanost saobraćaja na mreži, nizak nivo usluge, bezbednost na granici tolerancije.

Jasno je da se program rekonstrukcije i modernizacije železničke mreže Srbije mora uskladiti sa domaćim potrebama i mogućnostima, ali i sa planovima susednih država. Intervencije na železničkim prugama u Srbiji u većini slučajeva moraju biti usklađene sa potrebama razvoja evropske železničke mreže. Zato su od posebnog značaja za Republiku Srbiju međunarodne magistralne pruge Koridora X. U narednom periodu najvažnije pruge Srbije treba rekonstruisati u dvokolosečne pruge za mešoviti saobraćaj, uz etapno osposobljavanje za velike brzine i kombinovani prevoz.

Za realizaciju ovako ambicioniznih planova, pored nezaobilaznih materijalnih pretpostavki, izuzetan značaj ima zakonska i tehnička regulativa, kao i stručnost kadrova angažovanih na poslovima rekonstrukcije: planiranje, projektovanje, građenje i nadzor.

U stručnoj literaturi u Zapadnoj Evropi i SAD pod terminom sanacija podrazumevaju se radovi čiji je rezultat dovođenje infrastrukture u projektovano stanje, nakon izvesnog perioda eksploatacije. Termin rekonstrukcija podrazumeva stvaranje novog kvaliteta u odnosu na projektovano stanje. Ovakvo tumačenje termina "*sanacija*" i "*rekonstrukcija*" najčešće se koristi i u našoj stručnoj literaturi.

Prema Zakonu o planiranju i izgradnji rekonstrukcija železničke infrastrukture obuhvata sve izmene koje menjaju osnovne konstruktivne elemente i tehničke karakteristike železničke pruge, radove koji utiču na stabilnost pruge (sanacija) i objekata na njoj, radove na izgrađenim objektima koji odstupaju od uslova pod kojim je odobrena njihova izgradnja i promenu osnovnih karakteristika trase izmenom njenog položaja u pojasu osnovnog pravca trase. U tom smislu rekonstrukcija obuhvata sledeće: ugradnju savremenih signalno-sigurnosnih uređaja, izgradnju automatskog pružnog bloka i savremenih sistema telekomunikacije, elektrifikaciju pruge, rekonstrukciju ukrsnica i međustanica na jednokolosečnoj pruzi radi ukrštanja vozova bez zaustavljanja, izgradnju drugog koloseka na jednokolosečnoj pruzi i delimičnu izgradnju drugog koloseka na kritičnim međustaničnim rastojanjima, sanaciju nestabilnog donjeg stroja uz osposobljavanje konstrukcije donjeg i/ili gornjeg stroja za veća osovinska opterećenja i/ili veće brzine, povećanje radijusa postojećih horizontalnih krivina sa ciljem da se omogući veća brzina i smanje troškovi održavanja, ublažavanje uspona na kritičnim međustaničnim rastojanjima, otklanjanje tzv. "negabaritnih mesta" (obezbeđenje potrebnog slobodnog profila) za propuštanje kombinovanog transporta, delimično izmeštanje trase pruge, rekonstrukciju stanica i železničkih čvorova, opremanje robnih terminala postrojenjima i opremom za integralni transport i slično.

Očigledno je da mere rekonstrukcije podrazumevaju intervencije u planu i/ili uzdužnom profilu pruge, a ponekad veća izmeštanja postojeće trase. Zato je od posebnog značaja izrada stručnog i detaljnog projekta

[1]dr Zdenka Popović, docent, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, zdenka@grf.bg.ac.yu

rekonstrukcije.

Pored toga, postoje specifične situacije kada železničku infrastrukturu treba rekonstruisati zbog izgradnje drugog objekta, kao što je npr.: javni put, rudnik, kamenolom, akumulaciono jezero, aerodrom i slično. Deo železničke infrastrukture, koji se tom prilikom rekonstruiše, mora biti izgrađen sa tehničkim elementima koji odgovaraju kategoriji železničke infrastrukture, a troškove rekonstrukcije železničke infrastrukture u tom slučaju snosi investitor objekta zbog čije izgradnje se rekonstrukcija pruge vrši.

Za razliku od rekonstrukcije, pod modernizacijom železničke infrastrukture podrazumeva se uvođenje novih tehničkih sistema, ili novih tehnologija. Pod modernizacijom se, takođe, podrazumeva i zamena postojećih tehničkih sistema, ili tehnologija savremenijim.

Jasno je da su modernizacija i rekonstrukcija uvek skopčane sa većim finansijskim ulaganjima i zato se vrlo često planiraju i izvode etapno sa ciljem da se postigne unapređenje kvaliteta dela mreže i dugoročno mreže u celini, u skladu sa rastom obima saobraćaja.

Da bi se napravio precizan redosled u ostvarivanju cilja rekonstrukcije, mora se za svaku železničku prugu i svaki železnički čvor naći optimalno tehničko-tehnološko rešenje, definisati potrebna investiciona ulaganja, utvrditi opravdanost planirane rekonstrukcije i redosled u realizaciji.

2. TEHNOLOGIJA IZRADE PROJEKTA REKONSTRUKCIJE

Osnovni koraci u procesu projektovanja rekonstrukcije železničke pruge (slika 1) imaju sledeće neizostavne hijerarhijske pozicije: idejni projekat rekonstrukcije, glavni projekat rekonstrukcije, projekat izvedenog objekta.

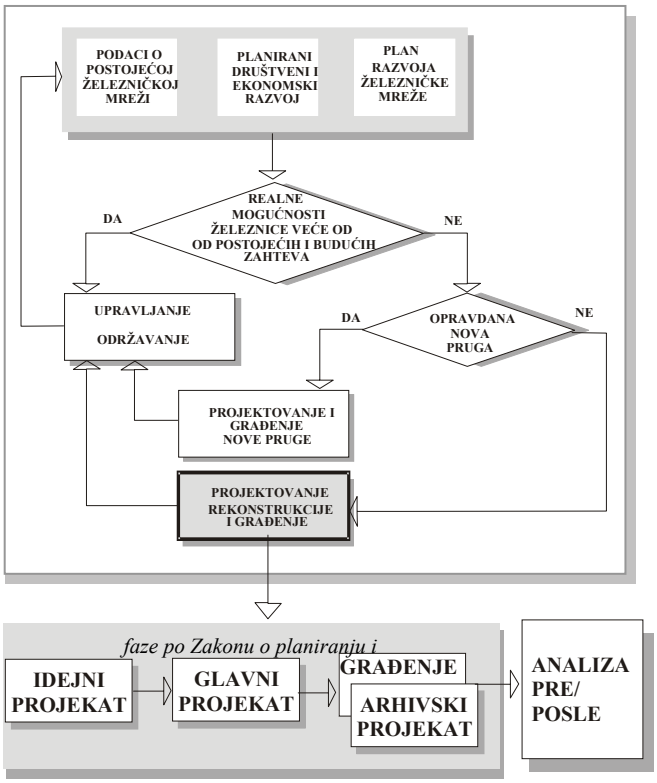
Očigledna specifičnost projekta rekonstrukcije u odnosu na projekat nove pruge je u izostajanju faze generalnog projekta. Ovo proističe otuda što i kod najvišeg nivoa rekonstrukcije pruga ne napušta pojas osnovnog pravca trase, osim na veoma kratkim deonicama. Ipak, postoje i izuzeci, kao npr. povećanje propusne moći jednokolosečne pruge izgradnjom nove ukrsnice na kritičnom međustaničnom rastojanju, kad nije opravdano izostavljanje faze generalnog projekta zbog specifičnosti inženjerskog zadatka. U tom slučaju istraživačke faze generalnog projekta pridružuju se idejnom projektu rekonstrukcije.

Obaveza poštovanja osnovnih faza izrade projekta rekonstrukcije regulisana je Zakonom. Ipak, poznato je iz niza praktičnih primera, da se često, pod različitim izgovorima, izostavlja faza idejnog projekta. Navodne uštede zbog izostavljanja idejnog projekta, po pravilu, postaju generatori nepredviđenih troškova tokom eksploatacije i održavanja rekonstruisane pruge.

Na osnovu analize kritičnih deonica mreže uključujući i železničke čvorove, analize bezbednosti i pouzdanosti saobraćaja, planskih dokumenata i informacija o prostoru, formiraju se programski uslovi kao osnova za idejni projekat.

Projektni zadatak za idejni projekat rekonstrukcije definiše investitor na osnovu: sveobuhvatne analize i sinteze planskih i projektnih dokumenata hijerarhijski višeg ranga, zaključaka studije prioriteta rekonstrukcije regiona i/ili Republike i zakonskih elemenata definisanih u Zakonu o planiranju i izgradnji i odgovarajućim podzakonskim aktima.

Na osnovu analize kritičnih deonica mreže uključujući i železničke čvorove, analize bezbednosti i pouzdanosti saobraćaja, planskih dokumenata i informacija o prostoru, formiraju se programski uslovi kao osnova za idejni projekat.



Slika 1. Donošenje odluke o rekonstrukciji pruge i faze izrade projektne dokumentacije

Idejni projekat rekonstrukcije je istraživačka i ujedno prva faza u procesu izrade projektne dokumentacije rekonstrukcije. Prvi korak u realizaciji idejnog projekta je analiza postojećeg stanja, koja ima za cilj da utvrdi realno stanje i da definiše nedostatke postojeće pruge. Nakon toga utvrđuju se varijantna rešenja rekonstrukcije. Izbor optimalnog rešenja vrši se u konkretnim uslovima ograničenja.

Zakonska regulativa za izradu idejnog projekta rekonstrukcije obuhvata savezne i republičke zakone (Zakon o planiranju i izgradnji, Zakon o železnici, Zakon o bezbednosti u železničkom saobraćaju, Zakon o životnoj sredini i drugi) i odgovarajuća podzakonska akta, koja bliže definišu uslove za primenu pomenutih zakona.

Tehnička regulativa za izradu idejnog projekta rekonstrukcije obuhvata tehničke propise, pravilnike i tehnička uputstva iz oblasti železničkog inženjerstva i dodirnih oblasti, kao i odgovarajuće domaće i strane (u nedostatku domaćih) standarde za elemente konstrukcije, projektovanje, građenje, eksploataciju i održavanje železničkih pruga. Nedostatak tehničke regulative samo je jedan od problema, koji nepotrebno komplikuje izradu projekta rekonstrukcije železničke infrastrukture.

Idejni projekat jasno definiše cilj rekonstrukcije, izbor tehničkih elemenata, obim i etape rekonstrukcije. On mora da dokaže, ili odbaci ekonomsku opravdanost rekonstrukcije pruge na osnovu odgovarajuće studije opravdanosti rekonstrukcije.

Glavni projekat rekonstrukcije pored toga što predstavlja tehnički obrađenu optimalnu varijantu

rekonstrukcije definisanu u fazi idejnog projekta, mora da sadrži i elemente koji su od značaja za optimizaciju metoda i postupaka građenja (izbor i organizacija korišćenja mehanizacije i transportnih sredstava, nalazišta i transport materijala i sl.).

Osnovni zadatak glavnog projekta je: razrada izvođačkih detalja, izbor optimalnog metoda građenja, izrada plana organizacije građenja sa definisanim i međusobno usaglašenim aktivnostima u prostoru i vremenu, izrada plana organizacije saobraćaja na pruzi u svim etapama građenja, definisanje preciznog predmera i predračuna radova.

Osnovna razmera glavnog projekta je 1:1.000 za situacioni plan, 1:200/2.000 za uzdužni profil, 1:100 za poprečne profile i 1:500 za plan polaganja skretnica staničnih grla.

U uzdužnom profilu kao glavni podatak navode kote gornje ivice šine (GIŠ) i u odnosu na njih definišu se ostali radovi. Pored toga specifičnost glavnog projekta rekonstrukcije je izrada plana zatvora koloseka, koji je usaglašen sa dinamičkim planom izgradnje rekonstrukcije pruge.

Glavni projekat se radi na osnovu detaljnih geotehničkih i hidrotehničkih istraživanja, kao i geodetskih snimanja u mikrokoridoru trase iz idejnog projekta.

Za inženjerske objekte na pruzi (propusti, mostovi, vijadukti, galerije, tuneli) potrebno je prikupiti svu raspoloživu tehničku dokumentaciju (glavni projekat, građevinski dnevnik i drugo, jer se pretpostavlja da arhivski projekat izvedenih inženjerskih objekata ne postoji, zato što on ranije nije bio zakonska obaveza). Iskustva u vezi aktuelnih rekonstrukcija, nažalost, i danas pokazuju da postoje problemi sa pronalaženjem projektne dokumentacije za postojeće objekte, čak i one koji su sagrađeni ne tako davno. Za neke od objekata projektna dokumentacija je uništena tokom ratova, ali i zbog nepropisnog i neodgovornog čuvanja. U takvim slučajevima mora se računati sa dodatnim troškovima i gubitkom vremena, jer je neophodno pristupiti detaljnom snimanju konstrukcije objekta.

Detaljno snimanje konstrukcije objekta je od posebne važnosti na deonicama gde se traži povećanje osovinskog pritiska i/ili brzina, ili se predviđa propuštanje kombinovanog transporta (problem proširenog slobodnog profila, naročito u tunelima). Zato je neophodno pre izlaska stručne ekipe na teren sastaviti detaljan plan i sadržaj merenja i dodatnih ispitivanja. Ovaj plan treba sastaviti pod rukovodstvom glavnog projektanta rekonstrukcije, uz saradnju sa geodetskim inženjerima i geolozima. Na taj način će se obezbediti da se sa terena donesu svi neophodni podaci. Ipak, zbog obimnosti radova treba računati i sa odgovarajućim vremenom potrebnim za naknadna merenja i dodatna ispitivanja, tako da ove radove treba blagovremeno preduzeti.

Projekat izvedenog objekta je osnova za konačan obračun radova, racionalnu eksploataciju i održavanje železničke pruge, kao i osnova za pribavljanje upotrebne dozvole. Na osnovu njega se u narednom periodu nakon završetka radova na rekonstrukciji pruge sprovode planerske i projektantske aktivnosti u zoni izvedene pruge, stanice ili železničkog čvora.

Ovaj projekat, s obzirom na namenu, mora da sadrži sve podatke od značaja za izvedeni objekat. Numerički podaci se obavezno definišu u apsolutnom XOYZ koordinatnom sistemu.

Projekat izvedenog objekta (arhivski projekat izvedene rekonstrukcije) je glavni projekat sa izmenama nastalim u toku građenja, a koje su u saglasnosti sa datim odobrenjem za izgradnju. Samo u slučaju da u toku izvođenja radova na rekonstrukciji nije bilo odstupanja u odnosu na glavni projekat, investitor i izvođač radova potvrđuju i overavaju na glavnom projektu da je izvedeno stanje jednako projektovanom.

Poslednja faza u izradi projekta rekonstrukcije je kontrolna faza: Analiza "pre i posle". Ovom analizom se eksplicitno, primenom verifikovanih statističkih metoda, dokazuje opravdanost preduzetih mera rekonstrukcije na osnovu poređenja stanja bezbednosti, pouzdanosti, komfora i životne sredine "pre i posle".

3. SANACIJA I REKONSTRUKCIJA GORNJEG STROJA PRUGE

Sanacija gornjeg stroja pruge vrši se onda kada se radovima na tekućem održavanju više ne može garantovati odvijanje bezbednog saobraćaja na pruzi. Ovi radovi obuhvataju zamenu dotrajalih elemenata gornjeg stroja novim elementima istog tipa.

Za naše pruge je, nažalost, karakteristično da se često pristupalo sanaciji gornjeg stroja, bez potrebnih intervencija u donjem stroju. Za ovakve aktivnosti nema racionalnog inženjerskog objašnjenja, jer primena jačih tipova šina (UIC 60, odnosno 60 E1), elastičnog pričvrsnog pribora, pragova od prethodno napregnutog betona i kvalitetnog tucanika eruptivnog porekla, nema nikakvog smisla na donjem stroju slabe nosivosti.

Sa druge strane, kod nas se naročito u poslednjih 10 godina znatno kasnilo sa unapređenjem i uvođenjem savremenih metoda kontrole zbijenosti kod građenja i održavanja donjeg stroja železnica. Zato se u tabeli 1 daje pregled zahtevane zbijenosti pri ispitivanju kvaliteta izvršenog zbijanja na Nemačkim železnicama (DB), u skladu sa DB 836 i DB-NGT 39 iz 1997. godine. U tabeli su predstavljene vrednosti dinamičkog modula deformacije E_{vdin} i modula deformacije E_{v2} koji se u Nemačkoj ravnopravno primenjuju kod novogradnje i pri održavanju.

Tabela 1. Zahtevane vrednosti dinamičkog modula deformacije E_{vdin} za održavanje pruga

	Planum zaštitnog sloja (tampon)			
Vrsta pruge	stepen zbijen. D_{pn}	E_{v2} MN/m^2	stepen neravn.	E_{vdin} MN/m^2
postojeće pruge za V>160km/h	0.97 (97%)	80	u>15	40
postojeće pruge za V<160km/h	0.95 (95%)	50	u>15	35
	Zemljani planum (posteljica)			
Vrsta pruge	D_{pr}	E_{v2} MN/m^2	E_{vdin} MN/m^2	
postojeće pruge za V>160km/h	0.95 (95%)	45	prema vrsti tla	25-30
postojeće pruge za V<160km/h	0.93 (93%)	20		

Prema nemačkim propisima na prugama koje se rekonstruišu moduo deformacije na planumu sloja za zaštitu od mraza treba da iznosi E_{v2}=100MN/m^2, odnosno na zemljanom planumu E_{v2}≥45MN/m^2 (što se postiže odgovarajućim zbijanjem, odnosno po potrebi cementnom, ili krečnom stabilizacijom, ili zamenom zemljanog materijala).

Rekonstrukcijom gornjeg stroja menja se tip konstrukcije gornjeg stroja, ili tip pojedinih njenih elemenata, sa ciljem da se poveća dopuštena brzina na pruzi, dopušteno osovinsko, ili saobraćajno opterećenje. Za rekonstrukciju gornjeg stroja izrađuje se idejni projekat i glavni projekat rekonstrukcije, a po njenom završetku arhivski projekat.

Na nivou idejnog projekta analizom i upoređenjem varijantnih rešenja donosi se odluka o rešenju konstrukcije gornjeg stroja. U opštem slučaju, na osnovu inostranih iskustava, može se okvirno reći da se u oblasti brzina do 220km/h prednost daje rešenjima gornjeg stroja sa kolosekom koji pliva u zastornoj prizmi. Ova granica Vmax=220km/h upravo odgovara gornjoj granici uobičajenih računskih brzina pri rekonstrukciji evropskih pruga: Vr=200±20km/h.

Ipak, u nekim situacijama valja ispitati mogućnost primene konstrukcije koloseka na čvrstoj podlozi u oblasti brzina do 200±20km/h. Ukoliko se proceni da postoje prednosti koje donosi primena nekog od poznatih i atestiranih tipova konstrukcija koloseka na čvrstoj podlozi, konačan sud o optimalnom rešenju donosi se isključivo u postupku višekriterijumske optimizacije.

4. MOGUĆNOST PRIMENE KOLOSEKA NA ČVRSTOJ PODLOZI

Kako su u brojnim radovima autora uveliko predstavljeni principi i tipovi konstrukcije koloseka na čvrstoj podlozi, kao i specifičnosti građenja i održavanja (lit. [1] do [6]), na ovom mestu će se izložiti lista kriterijuma za vrednovanje rešenja koloseka na čvrstoj podlozi u odnosu na klasično rešenje gornjeg stroja, uključujući prednosti rešenja u opštem slučaju (tab. 2).

Tabela 2. Kriterijumi za poređenje rešenja konstrukcije gornjeg stroja

Kriterijum	**Kolosek u zastoru**	**Kolosek na čvrstoj podlozi**
Postojanost geometrije koloseka		☺
Regulacija GIŠ-a	☺	
Prilagođavanje trase okolini		☺
Komfor za putnike	☺	☺
Problem dodatnog zagrevanja šina od savremenih kočnica		☺
Emisija buke i vibracija	☺	😐
Trajnost konstrukcije		☺
Troškovi građenja	☺	
Brzina građenja	☺	😐
Troškovi održavanja		☺
Minimalna visina konstrukcije		☺
Specijalni zahtevi (nestabilno podtlo, uklapanje u urbano/ekološko okruženje, elektroizolacija itd.)		

☺ Izrazita prednost; 😐 moguća konkurentnost uz primenu dodatnih mera

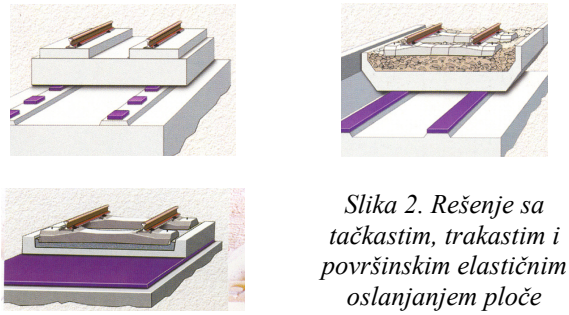
Kao što je poznato, u uzdužnom profilu projekta rekonstrukcije, iz praktičnih razloga, ističe se niveleta gornje ivice šine. Ovakva specifičnost sledi iz zahteva da se niveleta gornje ivice šine zadrži na određenoj visini, u skladu sa problemima koji se rekonstrukcijom rešavaju. Tako npr. niveleta GIŠ-a zadržava se na postojećoj poziciji na mostovima bez zastora, ispod nadvožnjaka, kada ne postoji mogućnost njenog spuštanja (podizanje iz razumljivih razloga ne dolazi u obzir), kao i na krajevima deonice koja se rekonstruiše.

U tunelu se teži da se zadrže postojeće kote GIŠ-a, alternativno one se mogu, po potrebi, spustiti upotrebom odgovarajućeg rešenja konstrukcije gornjeg stroja: eventualno primenom čeličnih pragova u zastoru, ili primenom konstrukcije koloseka na čvrstoj podlozi.

Primena konstrukcije koloseka na čvrstoj podlozi u tunelima ima najdužu tradiciju. Izostavljanjem zastorne prizme i postavljanjem koloseka na betonsku ili asfaltnu ploču dobijamo do 30cm nižu konstrukciju gornjeg stroja, uz sve prednosti zanemarljivog održavanja ovakvog koloseka i dugačkog veka trajanja, koji se za sada procenjuje na 60 godina. Izostajanje potrebe za podbijanjem koloseka, uz propratnu buku i intenzivno prljanje, dovoljan je razlog npr. na DB AG da se tuneli duži od 500m, po pravilu, grade sa kolosekom na čvrstoj podlozi. Osnovna pretpostavka za primenu koloseka na čvrstoj podlozi u tunelu je zadovoljenje geoloških uslova: isključuje se njena primena u nestabilnom tlu (ispucala, trošna stena, klizanje slojeva, bubrenje, protok vode i sl.). Po ispunjenju geoloških uslova, u tunelu se mogu primeniti svi tipovi konstrukcija na čvrstoj podlozi, koji se redovno primenjuju na zemljanoj podlozi (usek, nasip, zasek). Pri tome se, po pravilu izostavlja sloj stabilizacije, a ploča od betona, ili asfalta postavlja se direktno, ili preko izravnavajućeg sloja na tunelski podnožni svod. Zato je debljina noseće ploče znatno manja u tunelu, nego na zemljanoj podlozi. Pri rekonstrukciji, najčešće postoji potreba za izradom izravnavajućeg sloja između podnožnog svoda i noseće ploče. Pri tome se mora efikasno rešiti odvodnjavanje koloseka, formiranje prostora za ivične staze za hitne intervencije, obezbeđenje slobonog profila sa prostorom za postavljanje kontaktne mreže i SS uređaja. U svakom konkretnom slučaju raspoloživi profil tunela bitno utiče na izbor tipa konstrukcije koloseka na čvrstoj podlozi prilikom rekonstrukcije. Ukoliko se tunel nalazi u horizontalnoj krivini, može se izvesti nadvišenje spoljne šine do 180mm.

Primena konstrukcije koloseka na čvrstoj podlozi nameće se svojim izrazitim prednostima u plitko položenim tunelima u gradskoj sredini, gde je od posebnog interesa sprečavanje prenošenja vibracija na temelje okolnih zgrada i pojave iritirajuće sekundarne buke. U ovakvim slučajevima uspešno se primenjuju rešenja sa kolosekom na ogibljenoj betonskoj ploči (tzv. "Masse-Feder-Systeme"). Poznata su rešenja sa tačkastim, trakastim i površinskim elastičnim oslanjanjem noseće betonske ploče (slika 2). Ovakva rešenja obavezno uključuju upotrebu elastičnih pričvršćenja šine za podlogu (npr. za pragove, koji su monolitno vezani sa betonskom pločom, odnosno za betonsku ploču). Efekat zaštite okoline od buke u podzemnim stanicama može se upotpuniti postavljanjem apsorpcionih obloga na zidove tunela, koje pored osnovne namene da apsorbuju buku,

mogu dobiti ulogu reklamnog prostora. Takođe, ovakvo rešenje u stanicama pruža dodatne pogodnosti zbog mogućnosti jednostavnog pranja i čišćenja koloseka uz perone.



Slika 2. Rešenje sa tačkastim, trakastim i površinskim elastičnim oslanjanjem ploče

Prilikom elektrifikacije pruge u oblastima ispod nadvožnjaka, kada se na osnovu položaja donje ivice konstrukcije nadvožnjaka utvrđuje položaj gornje ivice šine (zahtevana visina slobodnog profila ispod nadvožnjaka na otvorenoj pruzi 6,00m, odnosno 6,40m u oblasti stanice) kao varijantna rešenja za spuštanje GIŠ-a treba, u opštem slučaju, razmotriti:

- smanjenje debljine zastorne prizme (ali samo u slučajevima kada je postojala rezerva u odnosu na minimalnu dopuštenu debljinu zastora),
- rešenje sa kolosekom na čvrstoj podlozi,
- zasecanje zemljanog trupa,
- eventualno rešenje sa čeličnim pragovima.

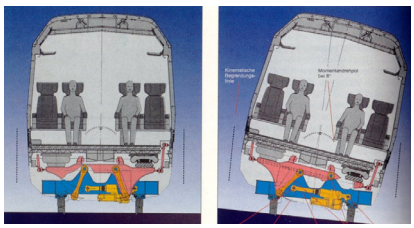
U slučaju kada se spuštanje nivelete ostvaruje primenom konstrukcije koloseka na čvrstoj podlozi, prelaz sa koloseka u zastoru na kolosek na čvrstoj podlozi obavezno se ostvaruje pomoću odgovarajuće prelazne konstrukcije gornjeg stroja, kojom se smanjuju dinamički udari usled promene krutosti podloge i razlike u sleganju. Ovo, pored ostalog, utiče na dužinu deonice koja se rekonstruiše. Zbog pomenute promene krutosti podloge i sleganja, kao i njihovog negativnog uticaja na udobnost vožnje, troškove održavanja i trajnost konstrukcije, ne smeju se primenjivati rešenja sa čestim izmenama tipa konstrukcije gornjeg stroja.

Prelazna konstrukcija između koloseka na čvrstoj podlozi i koloseka u zastoru treba da omogući postepenu promenu elastičnosti podloge, što se može ostvariti na sledeće načine:

- postepena promena opružne konstante elastičnog umetka na mestima oslanjanja šine,
- primena pomoćnih šina u sredini koloseka od istog profila kao vozne šine na dužini 20m (5m na čvrstoj podlozi + 15m na koloseku u zastoru),
- lepljenje zastorne prizme sa opadjućim intenzitetom idući od koloseka na čvrstoj podlozi ka koloseku u zastoru na dužini 39m,
- produženje sloja stabilizacije umesto sloja za zaštitu planuma na dužini od min. 10m ispod zastora,
- primena prelazne ploče i sl.

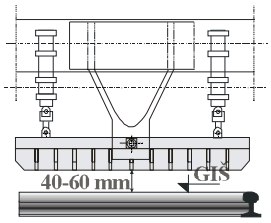
Slika 3. Moguće rešenje prelazne konstrukcije primenom pomoćnih šina u sredini koloseka

Savremena rešenja gornjeg stroja sa kolosekom na čvrstoj podlozi daju inženjerima mogućnost da ostvare bolje uklapanje pruge u okruženje, zbog fleksibilnijih elemenata za trasiranje (moguća primena manjih radijusa horizontalnih krivina, odnosno većeg nadvišenja spoljašnje šine u krivini h_{max}=180mm, uz garantovanje stabilnosti koloseka u horizontalnoj ravni), manjih visina konstrukcije koloseka i zaštite okoline od saobraćajne buke i vibracija. Ovo može biti od izuzetnog značaja u gradskoj sredini, kako zbog strogih prostornih zahteva, tako i zahteva zaštite životne sredine. Pored toga, potreba da se obezbedi visoka pouzdanost i gustina gradskog i prigradskog železničkog saobraćaja nameće rešenja gornjeg stroja, koja nemaju izražen problem održavanja.



Slika 4. Princip vozila sa tehnikom naginjanja u krivini

U Evropi se sve više na rekonstruisanim prugama koriste putnički vozovi sa tehnikon naginjanja u krivini (Neitech-Fahrzeugen, Tilting vehicles, Pendolino, slika 4) sa ciljem da se poveća brzina bez izmena u situacionom planu i uzdužnom profilu (mogućnost povećanja brzine u krivini i do 25%). Ovakva vozila imaju savremene kočnice, koju doprinose povećanju temperaturne razlike u šinama tokom kočenja. Upotreba savreminih sistema kočenja železničkih vozila dovodi do porasta aksijalne sile pritiska u dugim trakovima šina usled temperaturnih promena i može narušiti stabilnost koloseka u krivinama malog radijusa. Unošenje uticaja dodatnog zagrevanja šina usled kočenja u proračun stabilnosti koloseka za sada nije obuhvaćeno propisima, te postoji realna opasnost da se pri primeni železničkih vozila sa savremenim kočnicama (slika 5) naruši stabilnost koloseka. U tom slučaju, a naročito ako su prostorna ograničenja takva da se ne može povećati radijus horizontalne krivine, može se razmatrati rešenje sa kolosekom na čvrstoj podlozi radi očuvanja njegove stabilnosti u krivini. Pri razmatranju ukupnih prednosti ovakvog rešenja u odnosu na rešenje sa kolosekom u zastoru treba uzeti u obzir sve teškoće oko održavanja koloseka u zastoru sa spravama protiv izbacivanja koloseka u stranu.



Slika 5. Šematski prikaz elektromagnetne frikcione kočnice

5. ZAKLJUČAK

Na kraju razmatranja najčešćih primera rekonstrukcije sa efikasnom primenom konstrukcije koloseka na čvrstoj podlozi valja uočiti potpini nedostatak domaćih propisa iz ove oblasti.

Na osnovu inostranih iskustava može se zaključiti da je prvi korak u rešavanju problema izrada kataloga sa atestiranim tipovima konstrukcija koloseka na čvrstoj podlozi, koji se mogi primeniti na našim železnicama, i utvrđivanje tehničkih uslova, koje moraju da ispune elementi gornjeg i donjeg stroja, počevši od: tipa šine, tipa praga, tipa pričvršćenja, opružne konstante (najniža statička i najviša dinamička vrednost) elastičnog umetka, odgovarajućih modula elastičnosti i graničnih napona za betonsku ploču, odnosno noseći sloj od asfalta, sloj hidraulične stabilizacije, sloj za zaštitu od mraza i zemljani planum.

Radi efikasnije izrade projekata potrebno je, po ugledu na postojeća inostrana rešenja, standardizovati tipove konstrukcije gornjeg stroja i prelaznih konstrukcija i staviti ih na raspolaganje projektantima u vidu standardnih CAD-crteža, koji se jednostavno apliciraju u skladu sa problemom koji se rešava. Ovakvom tipizacijom povećala bi se efikasnost izrade i kontrole tehničke dokumentacije, uz garantovanje kvaliteta tehničkog rešenja.

LITERATURA

[1] Popović Z.: "Budućnost klasičnog koloseka na zastoru i šanse koloseka na čvrstoj podlozi", Železnice, br.7-8, str. 435-439, (1997).

[2] Popović Z.: "Kolosek na čvrstoj podlozi u urbanom okruženju" - časopis "Železnice", br.3-4/1998.god, str 260-263, (1998).

[3] Popović Z.: "Savremeni pravci razvoja koloseka na čvrstoj podlozi u svetu" – Seminar železničke građevinske infrastrukture, zbornik radova, Palić, (1998).

[4] Popović Z.: "Specifični zahtevi gornjeg stroja u urbanom okruženju" – Seminar železničke građevinske nfrastrukture, Zlatibor, zbornik radova, str. 1-4, (2001).

[5] Popović Z.: "Održavanje kao kriterijum za izbor konstrukcije gornjeg stroja na prugama za velike brzine", seminar Procedure, regulativa i menadžment u građevinarstvu, zbornik radova, str. 248-257, Aranđelovac, (2002).

[6] Popović Z.: " Osnove projektovanja železničkih pruga", Građevinski fakultet Beograd, str. 266, Beograd, (2004).

[7] Schreinert H.: "Erste Erfahrungen mit Bauarten der Festen Fahrbahn Betriebsstandort Berlin", Sympozium Feste Fahrbahn – Mechannische Modelierung, Betriebserfahrung und Akustik-, Teil VIII: Folie:1-20, TU Berlin, (1999).

[8] Siegmann J.: "Feste Fahrbahn als Teil der Unternehmensstrategie", Sympozium Feste Fahrbahn – Mechannische Modelierung, Betriebserfahrung und Akustik-, Teil VII: S.1-8, TU Berlin, (1999).

[9] "Zakon o planiranju i izgradnji", Službeni glasnik RS, br. 47, (2003).

THE APPLICATION OF THE SLAB TRACK IN THE FIELD OF RAILWAY TRACK RECONSTRUCTION

Zdenka Popović

Abstract - *The process of reconstruction, rehabilitation and modernization of the railway is the integral part of its life cycle and it is carried out infallibly in order that the railway track can fill out its task through the time in optimal manner. In the paper, the uniquenesses of the reconstruction in relation to the design of new railway are painted out. The specific demands for the track structure reconstruction are explained. The central part of the paper is the possibility of a slab track application. The technical requirements for the single elements of the track structure from the slab track to the ballasted track is painted out too.*

Keywords - railways, reconstruction, slab track

XI ŽELKON '04
RAILCON '04
2004

THE METRO OF SOFIA-PRESENT AND FUTURE

Maya Georgieva Ivanova [1], Rusko Hristov Valkov [2]

Abstract *– In the report is made review of the transport in Sofia and its part for solving the transport problems. There are examined the main plans for the developing of the metro and it's coming perspectively development. The report includes also some basically parameters of the alignment and the civil structures of the metro.*

Keywords - transport, metro, railway, construction

In the big cities, the transport systems are complicated infrastructures, normally including networks of several modes of transport, main of which are railway-metro, light railway or trams and automobile transport-bus, trolleybus and minibus.

The main criteria that characterize the efficiency of the public transport are: decrease of time for the trips, quality of the transport service, adequate traffic capacity to the main directions of the passenger flows in the city, maximum safety of the traffic and the passengers in the means of transport, minimum impact on the environment. The transport capacity of the different modes of transport shout corresponds to the maximum passengers flow. Since the cities are very large, the speed of the transport is also very important. In case the population in the compact cities is more than 800 thousand, passenger flows of more than 25-30 thousand passengers per hour are formed in the most heavily loaded directions. Practically, the effective transport service of such passenger flows is possible only by speed public transport on specified routes, and the metropolitan is such mode of transport.

The schemes of the lines of the metropolitans are different, according to the dimensions of the cities, the locations of the areas, the density of the buildings, the existence of obstacles etc. There are linear schemes, X-shaped scheme, diametrical schemes with three or more diameters, diametric-circular schemes with one or more circles, rectangular, unspecified and combined. The first three schemes are typical for cities with population up to 1-1.5 million, and the rest of the schemes-for bigger cities.

The system of the public transport in Sofia is well developed, and the parameter for the density of the lines of the public transport per square meter territory of the city is higher than the average parameter in the big European cities. The scheme of the lines of the republic transport includes bus, tram and trolley, and since 1988 metro also. In the last years, route taxi microbus lines also serve the public transport.

The increase of the number of the vehicles in Sofia in the last decade is more than 2.5 times and is more than 650 thousand and the street network is slightly changed and extended. This great number of vehicles led to significant increase of the traffic in the city. Due ti the grater percent of the utilization of private vehicles and the low capacity of the historically established and comparatively narrow street network of the city, often there are congestions, and in the peak hours the speeds of the public transport in the central urban area are lower than 10 km/h. The increased auto mobilization leads to a number of adverse ecological consequences for the city. The most important of them are the air pollution and noise, which greatly increased.

General scheme for development of the metro lines was accepted in 1974. According to the General scheme for development of the metro, it consists of three metro diameters with total length of 54 km, which cross in triangle the central urban area. Crossing of the lines in this way allows reaching any point with maximum one change of the lines. The metro scheme is typical for cities with population up to 1.5-2 million, star-like structure of the residential areas and comparatively compact building along the different directions. It was designed as backbone of the public transport with share in the transport system about 55%.

After the realization of the three metro lines, the metro will transport more than 1 million passengers per day. The firs diameter Obelia RD-Lyulin RD-Center-Mladost RD will be 21 km long with 17 metro stations. The second one from Hladilnika RD through Central Station to Nadejda RD will be 17 km long with 15 metro stations. The there one Knyajevo RD-National Palace of Culture-Poduene RD-Levski RD will be 16 km long and will have 15 metro stations.

The main parameters of the Sofia metro, according to the accepted technical-economical report and the designs, developed on this basis are: average distances between the stations 1100 m, operational speed - 41 km/h, transport capacity-50 thousand passengers per hour, power supply – 825V DC by third rail, minimum admissible time interval l - 90 sec, and maximum gradient of the lines 40%.

The main principles for the design of the metro in plan and profile are related to the proper situation of the stations and the passengers' flow forming junction of the city and construction of the tunnels between them along the shortest possible distance with minimum possible length of the sections in curves and of the sections with significant gradient. The minimum accepted radius of the curves in

[1] Maia Georgieva Ivanova, Todor Kableshkov University of Transport, 158 Geo Milev Street, Sofia 1574, Bulgaria, e-mail: mai_4e@abv.bg.
[2] Rusko Hristov Valkov, associate professor, Ph. D. Todor Kableshkov University of Transport, 158 Geo Milev Street, Sofia 1574, Bulgaria, e-mail: rvalkov@vtu.bg

plan of the main roads is 600m.In separate cases, where there are hard geological conditions, necessity for reconstruction of lots of capital engineering networks and demolition of buildings curves with radius 300 m could be applied. The movement in these sections shall be realized with reduced speed of the trains. In the firs metro radius in Sofia there are few curves with minimum radius.

The shallow lines, as in the section of the first metro radius in Sofia, are designed along the main transport roads, in places free of buildings or in specified routes. When this is impossible, with a view to preserve the existing buildings, the construction near the building shall be implemented after installation of supporting or other protective structures near it. However, this leads to increase of the cost for construction.

The civil structures in Sofia metro are various. This is because the different structures of the metro have different functions, different gauge requirements, depths, engineering-geological conditions and methods of construction. Generally these structures could be divided into structures of the metro stations and structures of the facilities between the stations.

The main parameters of the structures of the stations are - thickness of the bottom - 90 cm, of the walls 90 - 95 cm and of the roof structure 120 - 145 cm for the different stations. The length of the platforms is 120m and the width-20m.The passenger platforms are 10m wide, which could serve the expected in the future, increase in the passenger flows. The platforms of the metro stations “Slivnitsa” and “Serdika” are designed as reinforced concrete frames with stiff joints between the walls and the slabs. The platform section for the passengers is located on the lower level and on the upper level-the underground parking lots. The depth of the bottoms of both stations is 9 and 12 m respectively under the terrain level.

Considering the utilization of the upper level for underground parking and the location of the stations under the roadways of the passing above boulevards, the reinforced concrete slabs of the intermediate and roof level are very thick-100-145 cm. The width of the stations-20m determines the significant thickness of the bottom and the walls of the structure-90 and 95 cm. Only the plat-form sections of metro stations “Lylin” and “Vardar” from the first metro radius are designed with columns-two rows of columns at each 6m. in cross and longitudinal direction. The three-span frame structures of both metro stations are one-floor with equal spans-6m.The length of the platforms is 120m.

Metro station “Obelya” is constructed with combined reinforced concrete and steel structure. The platform section is divided into three parts by expansion joints. The end parts are founded directly on the terrain. The middle part is structure with four spans, forming its bridge-like location above “Kakach” river. The entrance con-courses, where on the second level above the railway the staff premises are located, are designed as two-floor reinforced concrete structure. The platform as well as the entrance concourses are covered with pipe steel structure, covered with steel sheet with plastic color coating.

The tunnels between the stations of the first metro radius of Sofia metro are with rectangular cross section, limited by the cut-and-cover method for construction in preliminary excavated trenches. The tunnels along the alignment are mostly double track with separating wall between the railways. At some places in the transition section to the metro stations single-track tunnels are applied.

Double track tunnels in Sofia metro are applied as cast-in-situ and cast-in-situ-pre-cast structures.

The cast-in-situ double track tunnel structures are one of the main construction systems for Sofia metro tunnels, constructed by cut-and-cover method. They are designed as two-span rectangular frames. The thickness of the walls for the different sections is between 40 and 50 cm, and of the roof and bottom slabs-between 40/45 and 60 cm according to the depth and the loading on the structure. The separating wall between the both railways is 25 cm thick. The width of the tunnels is 10.1-10.3 m. In the transition sections, where the alignment gradually passes from double track to single-track tunnel, this width is changed in steps, by forming so-called transition chambers.

The cast-in-situ-pre-cast reinforced concrete structures of the tunnels between the stations from the first radius of the metro are designed with cast-in-situ bottom and walls and pre-cast roof slabs and separating wall between the railways. The walls are 45 cm thick, and the bottom-55-60 cm, and the roof panels-60 cm. The separating wall between the railways is 25 cm thick.

The construction of alignment along the central urban area from “Sveta Nedelya” Square to “Dragan Tsankov” blvd. shall be realized by the shield underground method. This determines the structures of the tunnels between the stations. They are designed as single-track tubes, made of connected rings of pre-cast arch segments. The external diameter of the tunnels is 6.The length of the separate rings is 100cm, and each ring is made of six 30 cm thick normal and one key segment. The reinforced concrete segments are arch smooth elements made of high-strength concrete, class B 40 and precisely construct.

After the structure is waterproofed, it is backfilled with ballast in 30-50 cm thick layers with compaction of the layers until reaching the design compaction. The next stages of construction include placing of insulated against vibration railway, made of two-block reinforced concrete sleepers and built-in rubber boots. This type of railway provides significant reduction of the vibrations and limits the zone of influence to maximum 7-8 m from the axis of the road, e.g. within the limits of the roadway, under which the metro is situated.

Dependent on the national characteristics and the historic development of construction, for the greater effect and expression of the architectural design at the formation of the metro stations are used various artistic elements. Most often they express the nation specifics or the region where the metro station is situated. This is mostly characteristic for the metropolitans implemented in the second half of XX century.

At some places in the metro stations in Sofia metro there are also various artistic elements. Without being the

main aim, they emphasize the interior characteristic. The concept for independent architectural outlook of the stations is emphasized through individual design of artistic compositions, sculptures, relief or drawings over the claddings and flooring. On the front walls over the stairs between the concourse and platform of “Slivnica” and “Lyulin” stations there are ceramic compositions with state-of-the-art thought matching with the name of the stations.

The artistic and sculptural elements of metro station “Serdika” are following the historic character of the location and name of the station .It is partially situated over the ancient Roman town-stronghold Serdika and crosses the stronghold wall near the West gate. This is emphasized by the characteristic ornament from antique double brickwork along the walls and granite cladding on the floor as peculiar mark on the wall. The station location is also emphasized by the traces on the granite floor cladding of the found during the construction antique brickworks from the Roman period of the town.

Sofia city metro is municipal property. For its implementation there are a number of governmental resolutions that make it national property.For the investment and operational activity of the metro, with special resolution by Ministry of Councils of Bulgaria, was established a Metropolitan Company. Since 1999 the company was reestablished as municipal joint stock company Metropolitan JSC.

With the commissioning of the new sections the operational staff increases for the required activities after the extensions. Parallel with it because of the reduced construction sites decreases the investment department construction staff and some of the highly qualified specialists are assigned at the relevant activity in operational department. Thus allows reservation of the construction staff for future extensions without increase of the operating expenses.

REFERENCES

[1] G. Oganesov, S. Bratoev, P.Gadjev-Metro Building-Sofia 1990
[2] S. Bratoev-Sofia Metropolitan-Sofa 2004
[3] View over the magazine “Metro Building” 1996-2000
[4] Regulations for technical operation of the metropolitan in Sofia

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

ANALIZA DEFEKATA DIZEL-ELEKTRIČNIH LOKOMOTIVA SERIJE JŽ 661

Marko Đukić [1], Srđan Rusov [2]

Rezime – U radu je data analiza defekata dizel-električnih lokomotiva serije JŽ 661. Izvršena je klasifikacija u selekciji kako bi se dobio uži izbor delova, koji bi preko učešća u broju defekata, dovoljno dobro predstavili ponašanje lokomotiva u pogledu pouzdanosti. Ukazano je i na zavisnost defekata od dinamičko-eksploatacionih uslova vuče.

Ključne reči – defekt, održavanje, dizel-električna lokomotiva, železnica

1. UVOD

Jedan od češćih uzroka poremećaja planiranog reda vožnje u mnogim saobraćajnim sistemima, naročito na našoj železnici, su otkazi na mobilnim sredstvima.

Neadekvatno održavanje i neadekvatna upotreba vučnih vozila, znatno utiče na broj kvarova (defekata), što ima ne samo posledice u odvijanju saobraćaja, već i znatne direktne i indirektne troškove koji iz toga redovno nastaju.

Sa druge strane vanredne opravke, tj. opravke nakon nastalih kvarova redovno se obavljaju u uslovima koji su često ispod standardnih, u nedostatku vremena i sl, tako da se u takvim okolnostima može desiti da se prilikom opravki u sistem unese više novih grešaka nego što je otklonjeno.

Broj defekata lokomotiva može se znatno smanjiti promenom režima održavanja, koji se sastoji u promeni obima i učestanosti obaveznih radova na održavanju. Kako su dizel-električne lokomotive veoma složeni tehnički sistemi, mogućnost za uklanjanje nedostataka i smanjenje broja defekata ovih lokomotiva zahteva detaljna tehnička istraživanja.

U ovom radu analizirana je struktura defektata dizel električnih lokomotiva, na osnovu empirijskih istraživanja sprovedenih u depou „Crveni Krst" u Nišu, u periodu od 01. 07. 2003. do 31. 01. 2004. godine, posmatranjem kvarova na lokomotivama serije JŽ 661 i prikazana njihova zavisnost od dinamičko-eksploatacionih uslova vuče.

2. VANREDNO ODRŽAVANJE ŽELEZNIČKIH VOZILA

Vanredno održavanje železničkih vozila definiše se kao održavanje koje je prouzrokovano slučajnim otkazivanjem vozila (defektom), nastalim udesom ili drugim vanrednim događajem, kvarom, otkazom ili istrošenošću nekog elementa vozila.

Vanredno održavanje vrši se vanrednim opravkama, pod kojim se podrazumevaju opravke pojedinih delova, sklopova, uređaja i agregata.

U zavisnosti od veličine radova, vanredne opravke dele se na:

- vanredne opravke manjeg obima i
- vanredne opravke većeg obima.

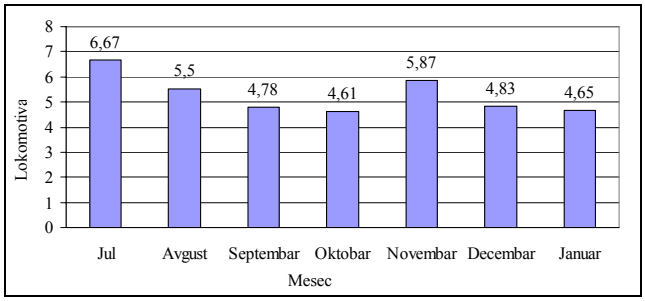
Vanredne opravke manjeg obima vrše se na licu mesta i za njihovo izvršavanje najčešće nije neophodno isključivanje vozila iz saobraćaja, za razliku od vanrednih opravki većeg obima kod kojih se vozila obavezno isključuju iz saobraćaja.

Defektom vučnog vozila, smatra se:

- neispravnost vučnog vozila koje vuče, zapreže ili potiskuje voz, odnosno radi manevru, zbog čega je potrebna njegova zamena drugim vučnim vozilom;
- neispravnost vučnog vozila koje prouzrokuje zakašnjenje voza veće od 30 minuta, za putnički voz, 60 minuta za teretni voz ili rad na manevri.

3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

Depo „Crveni Krst" u Nišu opslužuje 15 lokomotiva serije 661 ŽTP-a "Beograd" i 3 lokomotive uzete pod zakup od Željeznice Republike Srpske. Prosečan dnevni broj ispravnih lokomotiva po mesecima u razmatranom periodu vremena, prikazan je na slici 1..



Slika 1. Prosečan dnevni broj ispravnih lokomotiva serije 661 po mesecima u periodu od 01. 07. 2003. do 31. 01. 2004. godine

U depou se obavlja redovno i vanredno održavanje ovih lokomotiva.

Lokomotive obavljaju sledeće zadatke:

- na pruzi Niš (Niš Ranžirna, Crveni Krst)-Pirot-Dimitrovgrad-drž. granica-Dragoman (BDŽ) redovno vrše vuču putničkih i teretnih vozova, pri čemu se teretni vozovi od Pirota (Dimitrovgrada) do Dragomana,

[1] Marko Đukić dipl. inž., ŽTP BEOGRAD, Nemanjina 6, 11000 Beograd, markorail@yahoo.co.uk
[2] Prof. dr Srđan Rusov, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, 11000 Beograd, s.rusov@sf.sf.bg.ac.yu

zbog teških uslova vuče, redovno potiskuju, kao i manevru u stanicama Pirot i Dimitrovgrad (tabela 1.);

- na pruzi Niš (Niš Ranžirna)-Doljevac-Prokuplje-Kosanička Rača, vuču putničkih i teretnih vozova i manevru po međustanicama vrše po potrebi, tj. kada se ne može obezbediti dovoljan broj lokomotiva serije 641, koje redovno vrše vuču vozova na toj pruzi (tabela 2.);
- u niškom železničkom čvoru (stanice Niš, Niš Ranžirna i Crveni Krst), po potrebi, kada se ne može obezbediti dovoljan broj manevarskih lokomotiva serije 641, obavljaju manevru (tabela 3.).

U razmatranom periodu, najveći deo vremena (oko 94%), lokomotive su provele radeći na pruzi Niš-Dimitrovgrad-Dragoman (BDŽ).

Tabela 1. Podaci o pruzi Niš-Dragoman (BDŽ)

Stanice	Kumulat. rastojanje (km)	Merodavni otpor (daN/t)		Najveća dopuštena brzina (km/h)
		smer →	smer ←	
Niš	0,0		4	
Ćele Kula	5,5	6	1	60
Niška Banja	10,5	4	-	80
Sićevo	17,1	5	-	80
Ostrovica	22,5	8	-	60
Dolac	31,7	7	-	60
Crvena Reka	36,4	2	-	80
Bela Palanka	44,9	6	-	80
Čiflik	53,5	7	-	70
Staničenje	63,8	7	-	70
Pirot	72,9	7	1	85/80 za teretne voz.
Sukovo	86,2	8	6	100/80 za teretne voz.
Dimitrovgrad	97,4	10	-	100/80 za teretne voz.
Državna Granica	103,9	12	-	70
Kalotina Zapad (BDŽ)	104,5	13	-	50
Dragoman (BDŽ)	118,5	28		50

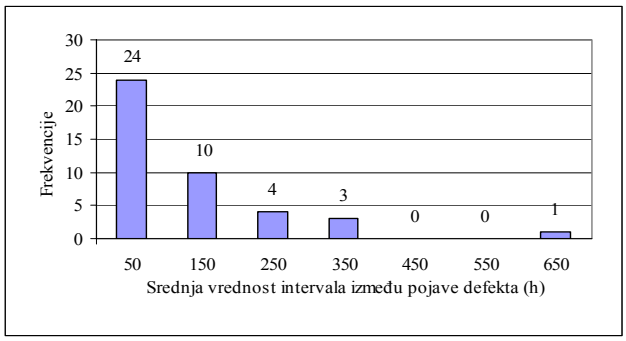
Tabela 2. Podaci o pruzi Niš-Kosanička Rača

Stanice	Kumulat. rastojanje (km)	Merodavni otpor (daN/t)		Najveća dopuštena brzina (km/h)
		smer →	smer ←	
Niš	0,0		7	
Doljevac	17,9	4	8	100/80 za teretne voz.
Prokuplje	40,2	8	-	60/30 za lok. 661
Kuršumlija	73,8	9	12	60/30 za lok. 661
Kosanička Rača	91,3	10		60/30 za lok. 661

Tabela 3. Podaci o prugama niškog železničkog čvora

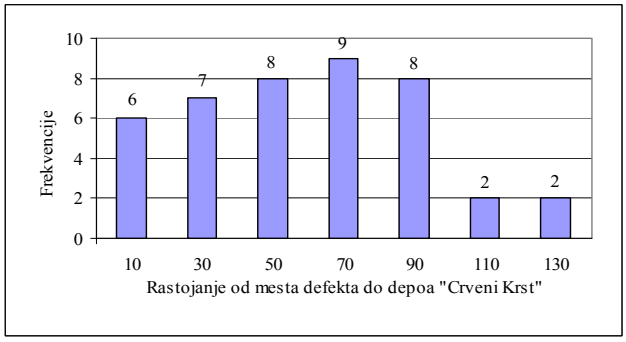
Stanice	Kumulat. rastojanje (km)	Merodavni otpor (daN/t)		Najveća dopuštena brzina (km/h)
		smer →	smer ←	
Niš	0,0		7	
Niš Ranžirna	4,5	2	2	60
Crveni Krst	9,0	5		60
Crveni Krst	0,0		6	
Ćele Kula	7,3	5		60

Ukupan broj defekata lokomotiva serije 661 u navedenom periodu vremena iznosio je 42. Po mesecima raspodela je sledeća: jul-8, avgust-7, septembar-3, oktobar-5, novembar-8, decembar-5 i januar-6. Raspodela broja defekta u toku jednog dana je Puasonova sa matematičkim očekivanjem od 0,2 defekta na dan, odnosno, raspodela intervala između pojave defekta je eksponencijalna sa matematičkim očekivanjem od 120 h (slika 2.).



Slika 2. Histogram raspodele intervala između pojave defekta

Rastojanje od mesta defekta do depoa „Crveni Krst" ima Erlangovu raspodelu 3. reda sa matematičkim očekivanjem 59,5 km (slika 3.).

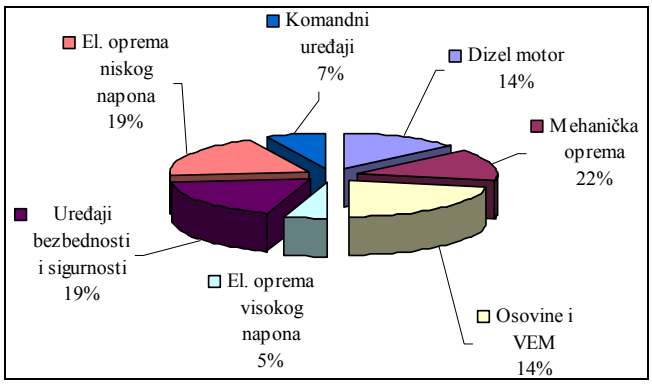


Slika 3. Histogram raspodele rastojanja od mesta defekta do depoa „Crveni Krst"

4. ANALIZA PODSISTEMA KOJI BITNO UTIČU NA STANJE I ODRŽAVANJE LOKOMOTIVA

Na pouzdanost lokomotiva u eksploataciji i efikasnost njihovog održavanja bitno utiče relativno veliki broj osnovnih podsistema (delova) i to preko svog položaja u funkcionalnoj šemi i učešća u broju defekata lokomotiva, pri čemu se njihov uticaj na efikasnost održavanja ogleda u učešću u zahtevima za vanrednim opravkama.

Radi detaljnije analize, izvršena je klasifikacija u selekciji kako bi se dobio uži izbor delova čije bi ponašanje dovoljno dobro predstavljalo ponašanje lokomotiva u pogledu pouzdanosti (slika 4.).



Slika 4. Struktura kvarova i njihovo učešće u defektima lokomotiva serije 661

U posmatranom periodu vremena, od ukupno 42 defekta, 50% odnosilo se na mehaničke delove lokomotive i 50% na električne delove lokomotive.

Značaj pojedinih delova, s obzirom na njihovu uzročnu vezu sa defektima lokomotiva u razmatranom periodu vremena, utvrđuje se kao odnos između broja defekata izazvanim otkazom tog dela i ukupnog broja defekata (tabela 4.).

Iz tabele 4. vidi se da je najveći broj defekata posledica kvarova na dizel motoru i vučnim elektromotorima. To proizilazi iz teških uslova vuče na pruzi Niš-Dimitrovgrad-Dragoman (tabela 1.) gde dizel motor i vučni elektromotori trpe veliko opterećenje. Primera radi na deonici od državne granice do Dragomana (BDŽ) lokmotive serije 661, u režimu sa potiskivalicom, na merodavnom otporu od 28 daN/t, teretni voz mase 1000 t mogu vući brzinom do 25 km/h.

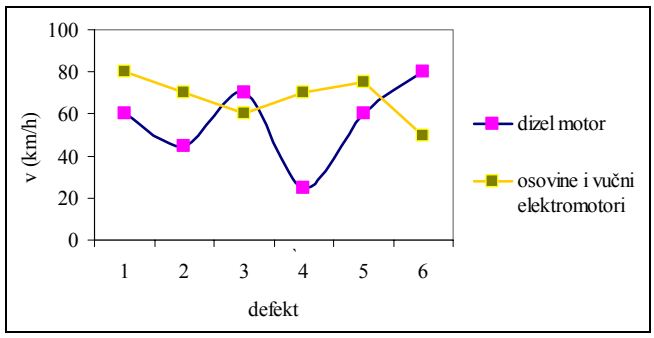
Sa druge strane, prilikom kretanja voza na velikom padu, osovinski slogovi trpe velika opterećenja usled pneumatskog kočenja, jer navedene serije dizel-električnih lokomotiva nemaju elektrodinamičku kočnicu[3].

Analiza defekata (prouzrokovanih kvarovima na dizel motoru, osovinama i vučnim elektromotorima), u zavisnosti od dinamičko-eksploatacionih faktora prikazana je na slikama 5., 6., 7. i 8..

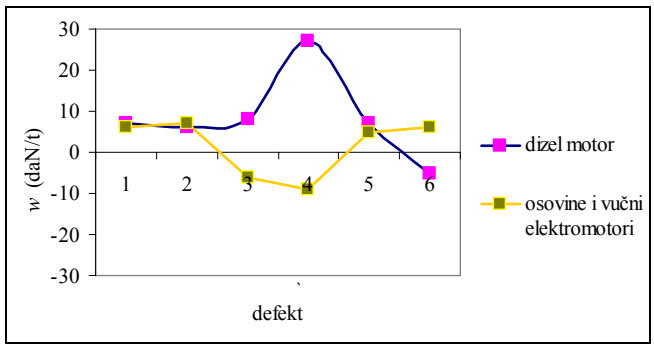
Tabela 4. Značaj delova prema učešću u broju defekata

Redni broj	Naziv dela	Učešće (%)
1	Dizel motor	14,3
2	Vučni elektromotori	11,9
3	Osovinski slogovi	2,4
4	Pumpa za gorivo	7,1
5	Kompresor	2,4
6	Ventilatori za hlađenje vode DM	2,4
7	Cevčica za ulje na Rutovoj duvaljci	2,4
8	Hladnjak	7,1
9	Pomoćni generator	2,4
10	Glavni generator	2,4
11	Kontaktori za smer vučnih motora	2,4
12	Automatski osigurač 30 A	2,4
13	Akumulatorska baterija 64 V	2,4
14	Rele protivklizne zaštite	2,4
15	Relea 72 V	2,4
16	Rele uzemljenja	4,8
17	Rele dizel motora	2,4
18	Uređaj za kontrolu budnosti	11,9
19	Brzinomerni uređaj	4,8
20	Kočnik	2,4
21	Ručica režima rada	2,4
22	Menjač smera vožnje	4,8

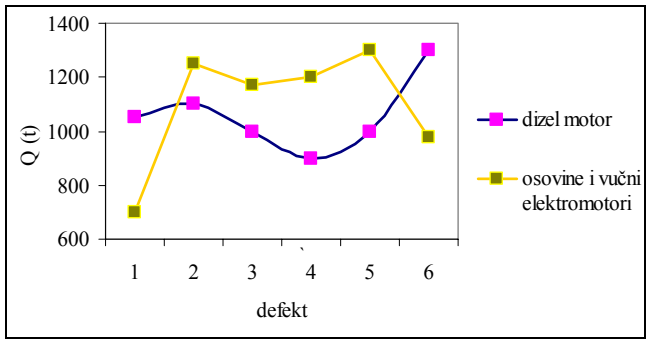
[3] Lokomotive podserije 661-300 imaju ugrađenu elektrodinamičku kočnicu, međutim one se ne nalaze u inventarskom parku ŽTP-a Beograd. U razmatranom periodu vremena, depo „Crveni Krst“ opsluživao je lokomotive 661-314 i 661-318 vlasništva Željeznice Republike Srpske, kod kojih elektrodinamičke kočnice nisu bile ispravne;



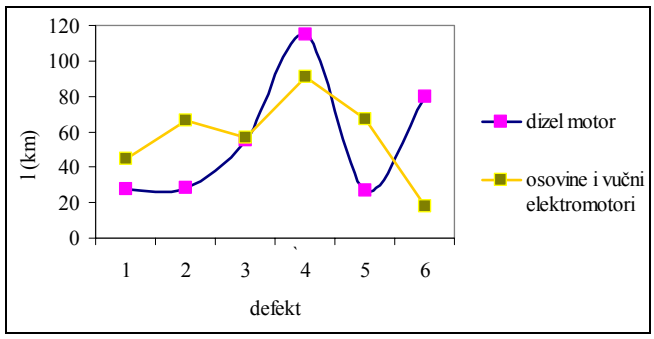
Slika 5. Dijagram zavisnosti pojave defekta pri određenim brzinama



Slika 6. Dijagram zavisnosti pojave defekta pri određenom merodavnom otporu



Slika 7. Dijagram zavisnosti pojave defekta pri određenoj masi voza



Slika 8. Dijagram rastojanja od mesta pojave defekta do depoa „Crveni Krst“

Od defekata na mehaničkoj opremi, vidi se da su najčešći uzročnici defekata bili hladnjak i pumpa za gorivo.

Što se tiče defekata na električnoj opremi, detektovani su standarni kvarovi, tj. kvarovi koji se redovno javljaju. Treba istaći da je veliki broj defekata bio na uređaju za kontrolu budnosti i to uglavnom na lokomotivama uzetim pod zakup od Željeznice Republike Srpske, a zbog neobučenosti osoblja za rukovanje. Ostali kvarovi su pojedinačne prirode.

U toku posmatranog perioda vremena, generisan je određeni broj podataka o vremenu imobilizacije lokomotiva na vanrednim opravkama prozrokovanih defektima lokomotiva serije 661 u depou „Crveni Krst“. Podaci su prikazani u tabeli 5..

Tabela 5. Prosečno vreme imobilizacije lokomotiva

Redni broj	Naziv dela	Prosečna imobilizacija po opravci (h/opravci)
1	Dizel motor	36,4
2	Mehanička oprema	12,0
3	Osovine i vučni elektromotori	44,2
4	Električna oprema niskog napona	7,7
5	Električna oprema visokog napona	18,5
6	Uređaji bezbednosti i sigurnosti	5,9
7	Komandni uređaji	5,1

5. ZAKLJUČAK

Nekadašnje JŽ kupile su 218 lokomotiva tipa G-16 (serija JŽ 661) i to je najbrojnija i sigurno najuspešnija serija dizel lokomotiva na ovim prostorima.

Neosporno je da su one u potpunosti opravdale svoju nabavku, ali su sve amortizovane i vremenom dolazi do sve češćih vanrednih opravki i defekata koji su bili predmet ovog rada.

U radu je prikazana struktura defekata, kao i najčešći uzroci defekata na lokomotivama serije 661 u depou „Crveni Krst“ u Nišu.

Izvršena je analiza defekata i prikazana njihova zavisnost od dinamičko-eksploatacionih faktora, na mreži železničkih pruga koju depo „Crveni Krst“ opslužuje lokomotivama serije 661.

LITERATURA

[1] Aleksandrov Vladimir: „ODRŽAVANJE ŽELEZNIČKIH VOZILA“, ŽELNID, Beograd (2000.).

[2] JŽ: „PRAVILNIK 241 O ODRŽAVANJU ŽELEZNIČKIH VOZILA“, Zavod za novinsko-izdavačku i propagandnu delatnost JŽ, Beograd (1983.).

[3] JŽ: „UPUTSTVO 52 O TEHNIČKIM NORMATIVIMA I PODACIMA ZA IZRADU I IZVRŠENJE REDA VOŽNJE“, Zavod za novinsko-izdavačku i propagandnu delatnost JŽ, Beograd (1989.).

[4] Kovač Karlo: „METODOLOGIJA UTVRĐIVANJA KVALITETA, POUZDANOSTI I SIGURNOSTI ŽELEZNIČKIH VUČNIH VOZILA“, Zavod za novinsko-izdavačku i propagandnu delatnost JŽ, Beograd (1987.).

[5] Mandir Marjan: „PRIMJENA KARAKTERISTIKA POUZDANOSTI DIZEL-ELEKTRIČNIH LOKOMOTIVA SERIJE 661 U FORMIRANJU POLITIKE NJIHOVOG PREVE-NTIVNOG ODRŽAVANJA“, Železnice 8 str. 26-37 (1985.).

[6] Stojimirović Predrag: „DIZEL VUČNA VOZILA JUGOSLOVENSKIH ŽELEZNICA“, Ekonomska politika, Beograd (1969.).

THE ANALYSIS OF DEFECT OF THE DIESEL-ELECTRIC LOCOMOTIVES SERIES JŽ 661

Marko Đukić, Srđan Rusov

Abstract – *The paper shows the analysis of defects of the diesel-electric locomotives series JŽ 661. A classification in selection is done to get a close choice of parts, which would represent well enough the behavior of locomotives regarding their safety, by parts in number of defects. It also shows how defects depend on the dynamic-exploitation conditions of traction.*

Key words – defect, maintenance, Diesel-electric locomotive, railway

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

АНАЛИЗА ОДРЖАВАЊА ПУТНИЧКИХ КОЛА У ПОГОНУ ТОПК БЕОГРАД

Ненад Мирчевски [1], Александар Јовановић [2], Срђан Шкаро [3]

Резиме *– Одржавање путничких кола је важан сегмент у функционисању путничког саобраћаја, побољшање рада на овом пољу значајно доприноси напретку ЖТП-а „Београд" и бољем позиционирању на тржишту превоза путника. Обезбеђивање довољног броја исправних возила за саобраћај је могуће уколико се правовремено врше темељне анализе рада погона за одржавање и на основу тих анализа предложе одговарајуће мере за побољшање стања путничких кола.*

Кључне речи – путничка кола, одржавање, анализа

1. УВОД

Задатак одржавања је да обезбеди да железничка путничка кола буду у исправном стању за безбедан, уредан и економичан рад у експлоатацији. Пошто путничка кола доносе профит само када су у раду, неопходно је да се искључења кола из саобраћаја сведу на најмању могућу меру.

Циљ овог рада је да укаже на неке добре и лоше стране у процесу оправки кола у погону за текуће одржавање путничких кола (ТОПК) Београд, при чему се посматрају све фазе рада на колима, почев од момента искључења из саобраћаја и олиставања кола због појаве квара или редовног контролног прегледа, до момента поновног укључења у саобраћај након завршетка оправке.

Погон ТОПК Београд је саставни део Сектора ЗОВС (за одржавање возних средстава) и подељен је у три организационе јединице и то:

- текуће одржавање путничких кола и месечни технички преглед са откачивањем;
- текуће одржавање путничких кола и месечни технички преглед без откачивања;
- организациона јединица за колско електрично грејање и осветљење (КЕО/КЕГ).

У организационој јединици са откачивањем кола, кола одвојена од гарнитура убацују се у радионицу где се врши њихово техничко одржавање и месечни технички преглед. У организационој јединици без откачивања врши се техничко одржавање путничких кола и оправка мање сложених кварова у гарнитури, тако што се група кола (гарнитура) пребацује на за то обезбеђене колосеке. Организациона јединица за КЕО/КЕГ се бави одржавањем колског електричног осветљења и грејања на колосецима где се одржавање врши без откачивања, и у погону за одржавање са откачивањем.

2. ОПИС ПРАЋЕЊА КОЛА У ПОГОНУ ТОПК БЕОГРАД

Техничка служба у погону ТОПК Београд се бави праћењем техничке исправности кола. Радници техничке службе врше евиденцију кола у радионици, евиденцију извршених радова на колима, обављају дневно и месечно праћење стања кола у радионици, воде све комисијске и рекламацијске записнике, прате ванредне догађаје итд. У техничкој служби врши се евидентирање утрошеног материјала, разне анализе у вези стања кола и њихове исправности, а на основу евидентираног стања дају се свакодневно извештаји о стању надлежним службама Сектора ЗОВС. У договору са руководиоцима других организационих јединица врши се набавка резервних делова и материјала на основу потреба и стања у магацину, води се рачуна о примени заштитних средстава, одеће и обуће. Радници техничке службе учествују у раду разних Техничких комисија (касација, прегледи, рекламације итд.).

У овом раду су коришћене информације из "Књиге евиденције оправке кола" ТК-18 која се свакодневно води у погону, месечног стања улаза кола у погон, списка кола (расположиви колски парк). У књигу ТК-18 се уносе следећи подаци за сва путничка кола која се налазе у погону ТОПК Београд:

- индивидуални број, серија и сопственост кола;
- датум и ознака последње инвестиционе оправке;
- врста оправке;
- станица у којој су олистана кола, датум олиставања и врста листице;
- датум улаза кола у оправку, узимања у рад, завршетка оправке и предаје кола у саобраћај;
- трајање упућивања у оправку (дана) – период од олиставања, до улаза кола у оправку;
- трајање чекања на оправку (дана) – период од улаза кола у оправку, до узимања у рад;
- трајање оправке (дана);
- укупно ван саобраћаја (дана).

У овом раду ће бити размотрени подаци везани за 2003. годину, при чему ће акценат и анализа бити на три главна параметра:

- **трајање дана упућивања кола у оправку,**
- **трајање дана чекања кола на оправку,**
- **трајање дана оправке.**

Временски период од једне године је у довољној

[1] Ненад Мирчевски, дипл.маш.инж., Минист. за капиталне инвестиције, Сектор за жел. саобраћај, nenmir@eunet.yu
[2] Александар Јовановић, дипл.маш.инж., ЖТП „Београд", Погон ТОПК Београд, salemara@eunet.yu
[3] Срђан Шкаро, дипл.маш.инж., ЖТП „Београд", Дирекција за путнички саобраћај, srdjan.skaro@yurail.co.yu

мери релевантан за доношење закључака на високом нивоу, тако да може да се изврши адекватна анализа и поставе смернице за одређене промене у раду са путничким колима.

3. АНАЛИЗА РАДА У 2003. ГОДИНИ

У наставку су приказане четири табеле са подацима неопходним за анализу рада у 2003. години у погону ТОПК Београд и на основу којих ће се предложити мере за побољшање рада.

У Табели 1 је дат збирни преглед информација о колима која су "прошла" кроз погон ТОПК Београд у току 2003. године. У табели су за сваки месец дате следеће информације:

1. Број улаза кола у погон ТОПК Београд.
2. Укупно трајање упућивања свих кола у оправку (дана).
3. Укупно трајање чекања свих кола на оправку (дана).
4. Укупно трајање оправке свих кола (дана).
5. Укупно дана ван саобраћаја свих кола.
6. Просечно трајање упућивања у оправку појединачних кола (дана).
7. Просечно трајање чекања на оправку појединачних кола (дана).
8. Просечно трајање оправке појединачних кола (дана).
9. Просечно трајање ван саобраћаја појединачних кола (дана).

Табела 1. Евиденција кола у погону ТОПК Београд за 2003. годину

Месец 2003. година	Број улаза кола у погон ТОПК	Трајање дана (збирно за све улазе у радионицу)				Просечно трајање дана (појединачно по колима)			
		Упућивања у оправку*	Чекања на оправку**	Оправке	Укупно ван саобраћаја	Упућивања у оправку*	Чекања на оправку**	Оправке	Укупно ван саобраћаја
ЈАНУАР	945	923	320	492	1735	0,98	0,34	0,52	1,84
ФЕБРУАР	804	789	267	415	1471	0,98	0,33	0,52	1,83
МАРТ	903	691	382	487,5	1560,5	0,77	0,42	0,54	1,73
АПРИЛ	775	818	226	414,5	1458,5	1,06	0,29	0,53	1,88
МАЈ	653	674	198	340,5	1212,5	1,03	0,30	0,52	1,86
ЈУН	579	588	191	314	1093	1,02	0,33	0,54	1,89
ЈУЛ	577	665	226	400,5	1291,5	1,15	0,39	0,69	2,24
АВГУСТ	598	648	328	302	1278	1,08	0,55	0,51	2,14
СЕПТЕМБАР	548	604	149	302	1055	1,10	0,27	0,55	1,93
ОКТОБАР	607	680	92	303,5	1075,5	1,12	0,15	0,50	1,77
НОВЕМБАР	625	691	279	318,5	1288,5	1,11	0,45	0,51	2,06
ДЕЦЕМБАР	741	768	196	373,5	1337,5	1,04	0,26	0,50	1,80
УКУПНО	8355	8539	2854	4463,5	15856,5	12,43	4,09	6,44	22,96
ПРОСЕК	696,25	711,58	237,83	371,96	1321,38	1,04	0,34	0,54	1,91

* Ако су кола олистана и ушла у оправку истог дана, тада се усваја да је трајање улаза у оправку 0,5 дана.

** Ако су кола узета у рад и оправка завршена истог дана тада се усваја да је трајање оправке 0,5 дана.

У Табели 2 је приказан просечан број улазака једних кола у току месеца у погон ТОПК Београд, добијен на основу укупног броја улаза у погон одређеног месеца и броја кола која су ушла у погон током тог месеца (с обзиром да већина кола више пута у току месеца уђе у погон). Не сме се избећи и чињеница да свака кола следује један улазак у радионицу током месеца због контролног периодичног прегледа $П_1$ (30±10 дана). Подаци су преузети из месечног стања улаза кола у погон које се редовно води у Техничкој служби погона ТОПК Београд.

У Табели 3 је приказана старосна структура путничких кола у расположивом колском парку ЖТП-а „Београд", на дан 31.12.2003. године, при чему наведене скраћенице за тип кола означавају следеће: DB – немачка кола, BEL – белгијска кола, CAF – шпанска кола.

У Табели 4 је дат приказ улаза и излаза кола у погону ТОПК Београд за временски период од 2000. до 2003. године, са процентом броја кола која су дата за саобраћај у односу на укупан број улаза у радионицу, као и са прегледом разлога упућивања кола у друге радионице због немогућности погона ТОПК за отклањање квара. Скраћенице дате у табели се односе на: ТО – текуће одржавање, РО – редовна оправка, ЕГ – електрично грејање, ЕО – електрично осветљење, ОБР – обрада профила точка, ЗМ – задња мера профила точка.

Табела 2. Просечан број улазака једних кола у току месеца у погон ТОПК Београд

Месец	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Укупан број улазака у погон	945	804	903	775	653	579	577	598	548	607	625	741
Број кола у погону	318	291	308	332	316	291	285	285	278	266	266	283
Просечно улаза кола у погон	2,97	2,76	2,93	2,33	2,07	1,99	2,02	2,10	1,97	2,28	2,35	2,62

Табела 3. Укупан број и просечна старост путничких кола у парку ЖТП-а „Београд", на дан 31.12.2003.

ТИП КОЛА	DB кола	Y кола	Z кола	Z1 кола	BEL кола	CAF кола	УКУПНО
БРОЈ КОЛА	127	249	48	21	20	8	**473**
СТАРОСТ (ГОД.)	38,23	27,65	15,83	3,09	33	28,37	**27,9**

Табела 4 -Евиденција улаза и излаза кола у погону ТОПК и упоредно стање од 2000. до 2003. године

Година	Број улаза у радионицу	Број кола за саобраћај	Проценат кола датих за саобраћај	Упућивање кола у друге радионице због немогућности погона ТОПК за отклањање квара						
				ТО	РО	ЕГ	ЕО	ОБР	ЗМ	Укупно
2000.	7839	6167	79%	436	41	84	142	521	348	1672
2001.	7778	6356	82%	366	36	119	152	479	265	1417
2002.	8741	7300	83%	310	89	105	95	585	279	1463
2003.	8355	7015	84%	265	79	41	51	630	281	1347

Детаљним разматрањем података из Табела 1, 2, 3 и 4 могу да се изведу одређени закључци о раду у погону ТОПК Београд током 2003. године:

Закључак бр. 1:

Укупан број улаза кола у погон ТОПК Београд износи 8355, у просеку месечно 696 кола, а у просеку дневно 22,9 дана. Укупно су кола била ван саобраћаја 15856,5 дана што је у просеку 1,91 дана по колима.

Закључак бр. 2:

На упућивање у оправку просечно се чекало 1,04 дана. Узимајући у обзир идеалан случај по коме трајање упућивања у оправку износи 0,5 дана ако су кола олистана и ушла у оправку истог дана, изводи се закључак да су свака кола у просеку непотребно губила 0,54 дана у чекању на упућивање у оправку. Ово је последица недостатка маневарских локомотива, лоше комуникације између служби које достављају податке о искљученим колима и служби задужених за њихову даљу „обраду", лоше припреме маневарског рада и немарног односа маневарског особља.

У наставку је дат преглед примера када су кола непотребно дуго чекала на упућивање у оправку, самим тим дуго била ван саобраћаја.

- Индивидуални број кола: 50 72 21 30 700 – 6
  Датум олиставања: 11.01.2003. године
  Датум улаза у оправку: 28.01.2003. године
  Трајање дана упућивања у оправку: 17 дана

  Индивидуални број кола: 50 72 20 05 503 – 6
  Датум олиставања: 11.01.2003. године
  Датум улаза у оправку: 28.01.2003. године
  Трајање дана упућивања у оправку: 17 дана

  Индивидуални број кола: 51 72 20 10 731 – 5
  Датум олиставања: 19.07.2003. године
  Датум улаза у оправку: 27.07.2003. године
  Трајање дана упућивања у оправку: 8 дана

Закључак бр. 3:

Чекање на оправку износило је просечно 0,34 дана. Ово чекање је најчешће последица недостатка резервних делова што представља хроничан проблем. Гломазан и инертан систем какав јесте железница, тешко поприма филозофију и научне методе савремене логистичке подршке и интегралног техничког обезбеђења, а главни разлози мањка резервних делова су недостатак адекватне повезаности између централне набавне службе и магацина резервних делова на терену, неквалитетна сарадња у хијерархији набавних служби, ретко коришћење праћења стања у магацинима резервних делова помоћу рачунара и одговарајућих рачунарских база података, неблаговремена реакција при појави проблема у набавци, бирократски проблеми приликом требовања неопходних резервних делова и материјала, слаба контрола запослених на пословима набавке.

Сада ће бити приказан преглед екстремних примера када кола непотребно дуго чекају на оправку због недостатка резервних делова.

Индивидуални број кола: 51 72 39 80 665 – 9
Датум улаза у оправку: 25.01.2003. године
Датум узимања у рад: 21.08.2003. године
Трајање дана чекања на оправку: 208 дана

Разлог задржавања: Недостаје: 9 рукохвата у ходнику, 18 сточића, 10 кутија за отпатке.

Индивидуални број кола: 50 72 19 76 700 – 5

Датум улаза у оправку: 18.01.2003. године
Датум узимања у рад: 21.05.2003. године
Трајање дана чекања на оправку: 123 дана
Разлог задржавања: Недостаје статор.
Индивидуални број кола: 51 72 20 80 559 – 5
Датум улаза у оправку: 22.03.2003. године
Датум узимања у рад: 08.07.2003. године
Трајање дана чекања на оправку: 108 дана
Разлог задржавања: Недостаје: 20 сточића, 10 кутија за отпатке, 10 повука купејских врата.

У овом сегменту треба истаћи и проблем са слањем неисправних делова и склопова на оправку у ремонтне радионице зато што не могу да се оправе у погону. Дешава се да путничка кола непотребно дуго чекају најпре док се део или склоп отпреми до ремонтне радионице, потом док се заврши оправка а затим и изврши допрема назад до погона и уградња на кола.

У наставку је дат преглед примера када се дуго чекало на оправку због чекања дела или склопа који је послат на оправку у ремонтну радионицу.

Индивидуални број кола: 51 72 70 10 695 – 0
Датум улаза у оправку: 04.01.2003. године
Датум узимања у рад: 31.01.2003. године
Трајање дана чекања на оправку: 27 дана
Разлог задржавања: Неисправна два статора (послати на оправку у „ЖЕЛВОЗ“ Смедерево).
Индивидуални број кола: 50 72 21 27 711 – 8
Датум улаза у оправку: 20.10.2003. године
Датум узимања у рад: 25.10.2003. године
Трајање дана чекања на оправку: 5 дана
Разлог задржавања: Деформисана бочна врата (послата на оправку у „ЖЕЛВОЗ“ Смедерево).
Индивидуални број кола: 51 72 70 80 645 – 1
Датум улаза у оправку: 06.08.2003. године
Датум узимања у рад: 13.08.2003. године
Трајање дана чекања на оправку: 7 дана
Разлог задржавања: Неисправан САБ регулатор (послат на оправку у „ЖЕЛВОЗ“ Смедерево).

Закључак бр. 4:

Трајање оправке износило је просечно 0,54 дана. Узимајући у обзир идеалан случај по коме трајање оправке износи 0,5 дана ако су кола узета у рад и оправка завршена истог дана, задржавања су минимална. Разлози овог задржавања су најчешће лоши услови рада у самој радионици (недостатак грејања зими, лоше осветљење, неадекватни хигијенски услови, неадекватан прилаз колосецима, вода у каналима), недостатак алата и материјала за рад, слаба мотивисаност радника. Посматрајући претходна два параметра – упут у оправку и чекање на оправку – ова вредност је врло задовољавајућа и уз мале корекције недостатака може се довести до идеалне вредности. Овде треба истаћи раднике у целом погону ТОПК Београд и њихову способност и сналажљивост да у постојећим лошим условима рада, без резервних делова, адекватног алата и материјала за рад, са релативно лошим примањима, пружају свој максимум и да решавају све проблеме на путничким колима.

Закључак бр. 5:

Просечно, свака кола су била искључена из саобраћаја 1,91 дана. У идеалном случају, који подразумева да се кола истог дана када су олистана упуте у оправку (0,5 дана) и да се без чекања заврши оправка истог дана (0,5 дана), кола би укупно била ван саобраћаја 1 дан. Дакле, у 2003. години, свака кола су била ван саобраћаја у просеку 0,91 дана дуже од идеалног случаја (за 91%). Исправљањем горе наведених недостатака, може да се смањи ова вредност, то је у интересу и ЖТП-а “Београд” и путника као крајњих корисника железничких услуга.

Закључак бр. 6:

Упоређивањем укупног броја улаза у погон и броја кола која су ушла у погон (табела 2) приметно је да свака кола више пута у току месеца улазе у погон и та вредност се креће од 1,97 у септембру до 2,97 у јануару. Број улазака у зимском периоду је повећан као последица значајно повећаних кварова на грејању. Разлог овоме треба тражити у старости кола која просечно износи 27,9 година (табела 3) а делимично и у несолидним редовним и текућим оправкама. Највећи проблеми при оправци јављају се код кола типа ДБ чија је просечна старост 38,23 година и код кола типа БЕЛ (произведена 1970. године). Најчешћи кварови на овим колима су: колевка обртног постоља удара у рам обртног постоља; висина примарног и секундарног огибљења мања од дозвољеног; висина одбојника од ГИШ-а мања од дозвољеног; неисправни вучно-одбојни уређаји; кородирали под кола и подужни носач.

Следе екстремни примери када су кола више пута улазила у погон у току једног месеца, са разлозима уласка.

МЕСЕЦ: Фебруар					**БРОЈ КОЛА: 51 72 10 10 772 – 1**					
Датум уласка	06.	10.	14.	16.	17.	18.	21.	23.	25.	27.
Разлог уласка	ЕГ	ЕГ	ТО	ТО	ЕО	ЕГ	$П_1$	ЕГ	ЕГ	ЕГ

МЕСЕЦ : Јун						**БРОЈ КОЛА: 50 72 20 05 500 – 2**					
Датум уласка	01.	03.	06.	10.	12.	14.	19.	22.	24.	27.	30.
Разлог уласка	$П_1$	ЕО	ЕО	ЕО	ЕО	ЕО	ЕО	ЕО	ЕО	ЕО	ЕО

МЕСЕЦ: Новембар				**БРОЈ КОЛА: 50 72 20 76 720 – 0**				
Датум уласка	09.	12.	21.	23.	25.	27.	29.	30.
Разлог уласка	ЕГ	ЕГ	ЕГ	ЕГ	ЕГ	ЕГ	ЕГ	ЕО

Закључак бр. 7:

Из упоредног приказа за последње четири године (табела 4) видљиво је да је проценат кола датих за саобраћај у сталном порасту. Број кола послатих на редовну оправку је у порасту због усклађивања са изменама и допунама Правилника 241 а у 2004. години треба очекивати већи број кола којима следи редовна оправка. Приметно је и да расте број кола послатих на обраду профила точкова. За ублажавање овог проблема предложено је да се сва кола на којима је разлика у дебљини венца и q_R мери на истом осовинском склопу већа од 1,5 мм шаљу на окретање како би се смањила разлика у профилу точкова на истом осовинском склопу а самим тим и повећао временски период до наредне обраде. Ова идеја о окретању кола није заживела зато што није било подршке од стране Сектора за СТП.

4. ПРЕДЛОЖЕНЕ МЕРЕ ЗА ПОБОЉШАЊЕ РАДА У ПОГОНУ ТОПК БЕОГРАД

Искључење железничких возила и задржавање ван саобраћаја је потребно умањити, приходе доносе само возила која су у експлоатацији и зато је потребно да се постојећи проблеми решавају, постепено и у ходу, и то тако да сваки запослени у свом сегменту рада пружи свој максимум. За решавање проблема неопходно је да се дефинишу кључни проблеми, да се у односу на те проблеме направи одговарајућа стратегија за њихово решавање за одређени временски период, да се непрекидно надгледа и врши контрола тог процеса и да се на крају изврши анализа урађеног.

У наставку овог рада ће се дати предлог одређених мера које у сваком случају подлежу детаљнијој разради, стручној анализи и оцени а основни циљ је да те предложене мере буду само смернице за решавање постојећих проблема у раду са путничким колима у погону ТОПК Београд.

1. Један од најтежих и најчешћих проблема у ЖТП-у "Београд" представља недостатак резервних делова који је директно повезан са радом набавних служби. Потребно је побољшати повезаност између централне набавне службе и магацина резервних делова на терену, побољшати њихову комуникацију и сарадњу и утицати на смањење бирократских проблема приликом требовања неопходних резервних делова и материјала. Такође је потребно унапредити сарадњу у хијерархији набавних служби, како у вертикалној тако и у хоризонталној линији. У овом сегменту велики значај има примена савремених рачунара и одговарајућих рачунарских база података чиме би се омогућило редовно праћење и стална контрола стања у магацинима резервних делова, примена научних основа из логистичке подршке и статистике и пружила би се могућност предвиђања потреба. Потребно је побољшати и убрзати реакцију када се појаве проблеми у набавци. Потребна је и строжија контрола запослених у целој хијерархији на пословима набавке. Такође је јако важно да се приликом доношења важних одлука у вези избора понуђача за разне набавне послове руководство води искључиво према тржишним условима, да се расписују јавни тендери на којима су сви учесници равноправни, без фаворизовања било које стране. Од изузетног значаја је да се информације о потребама за резервним деловима преузимају директно од радионица за одржавање путничких кола, да се уважава мишљење радника из радионица и да се уопштено гледано набавкама баве стручни кадрови из области путничких кола.

2. Постојећа комуникација између служби које достављају информацију о искљученим колима и служби задужених за њихову даљу „обраду" би требало да се побољша. Чест разлог дугог чекања кола на упућивање у оправку јесте управо последица ове лоше комуникације. Потребно је планирати у будућности примену рачунара, њихово повезивање и преношење свих информација електронским путем. Глобална мрежа – интернет је већ преплавила цео свет, реалност је да у скорој свакој кући постоји рачунар и веза са интернетом, познати су и системи локалног карактера (интранет) на нивоу само једног система или компаније који омогућују проток огромног броја информација великом брзином и који је доступан само запосленима у том систему или компанији. За овакав вид комуникације су потребна одређена финансијска улагања као и обученост особља у раду са таквим системом, али дугорочно посматрано у томе лежи будућност. Проток информација је од изузетног значаја, нарочито данас када је развој технологије достигао неслућене висине.

3. Рад маневарског особља треба подићи на виши ниво и неопходно је повећати озбиљност током маневарског рада. Проблем рада маневарског особља је нарочито наглашен у ноћним сатима када је контрола њиховог рада смањена. Честа је појава да се путничка кола оштећују током маневре и то најчешће у случајевима одбацивања кола услед чега долази до јаких налетања кола на друга возила или граничнике. Са друге стране, маневарско особље често ради са проблематичним и полунеисправним уређајима за везу и комуникацију, имају проблем са ХТЗ опремом што је нарочито изражено током зиме, поготову што се њихов комплетан рад обавља на отвореном. Такође, већ дуже време присутан је проблем са недостатком дизел локомотива за маневарски рад, које карактерише велики број серија и типова и доста неповољна старосна структура. Одговарајућом реконструкцијом и модернизацијом маневарских локомотива треба да се постигне повећање времена експлоатације и пређених километара између периодних оправака, смањење трошкова у експлоатацији и одржавању, повећање поузданости локомотива кроз смањење броја кварова, јефтиније текуће и инвестиционо одржавање.

4. У погону ТОПК Београд је потребно знатно побољшати услове рада. То подразумева да се обезбеди грејање хале зими, примарно због здравља радника а такође и због чињенице да се често дешава у зимским условима да се у радионицу допреме залеђена кола па не постоји могућност да се изврши оправка управо због комплетне залеђености инсталација, обртних постоља и помоћне опреме испод постоља кола. У самим колосечним каналима у хали константно је присутна вода, системи за одвод воде су неисправни, мада на ову појаву доста утиче близина реке Саве и појава подземних вода. Неопходно је обновити осветљење у хали јер се догађа да нарочито током јесењих и зимских

месеци због раног падања мрака буде немогуће обављање радова у поподневним сатима. У целој хали је потребно побољшати хигијенске услове, мада део одговорности сносе и сами радници због немарног односа према овом сегменту. Потребно је регулисати и прописе у вези са ХТЗ опремом и омогућити редовније и чешће следовање квалитетније ХТЗ опреме за раднике од постојеће. Такође је потребно опремити алатницу новим алатима, обновити и модернизовати машине у столарској, лимарској и тапетарској радионици у погону ТОПК Београд. Не мање важна је и помоћ Техничкој служби у којој се велика већина послова обавља на застарели начин, и уз константну несташицу и најобичнијег канцеларијског материјала. За побољшање процеса рада, неопходно је да се Техничка служба опреми са још неколико рачунара и пратеће опреме (штампачи, скенер, уређај за фотокопирање, факс машина) и да се на тај начин побољша праћење стања кола у радионици и размена информација. Важно је и да Сектор за информатику ЖТП-а „Београд" направи одговарајући рачунарски програм, јединствен за све радионице Сектора ЗОВС, који би олакшао праћење стања путничких кола. Неизбежан сегмент је и побољшање мотивисаности радника и то је посебно поглавље које мора да се разматра на највишем нивоу компаније.

5. Погон ТОПК Београд врши око 85 – 90% од свих оправака путничких кола која се обаве у целом Сектору ЗОВС. Једна од мана овог погона је што за одређени број кварова који су релативно чести на свим колима не постоје техничко технолошки услови за њихово отклањање већ се врши упућивање неисправних склопова и делова (статори, редуктори, електро-пнеуматски вентили, кочиони уређаји) у ремонтне радионице, при чему се повећава имобилизација кола док чекају на оправку дела или склопа. Одређена техно-економска анализа би сигурно показала да би са одређеним улагањем погон ТОПК Београд могао да се оспособи за поправку одређених кварова чиме би се смањила имобилизација путничких кола и дугорочно гледано уштедела значајна финансијска средства. У погону би се уз мало воље и финансијских средстава могло обезбедити:

- пробница за поправку електро-пнеуматских вентила за блокаду врата и електромагнетних брава,
- радионица за поправку статора и редуктора чији су кварови константни, што је можда и највећи проблем путничких кола,
- алат за паковање одбојничких направа,
- пробница за испитивање и поправку кочионих уређаја,
- алат за исправљање бочних врата,
- алат за моторизацију кола којим би се симулирањем кретања испитивала функционалност виталних склопова вагона (против-клизна заштита, напон у батеријама, електрично осветљење грејање итд.).

Наравно, треба поменути и другу варијанту, а то је да се пређе на агрегатну замену склопова и делова, што би захтевало довољну количину исправних делова и склопова у магацинима при погону.

5. ЗАКЉУЧАК

ЖТП "Београд" је тренутно у јако лошем стању а све као последица многобројних дешавања у нашој земљи и окружењу у последњих десетак година, сви сегменти нашег друштва су изашли из таквих времена са одређеним последицама, па је и железница наше земље доживела велику деградацију и знатан заостатак у односу на велики број железница у свету. Основни задатак сваке железнице је превоз робе и путника, железничка возила остварују профит само када трче и од великог је значаја да се смањи њихова имобилизација. У овом раду су управо због проблема са дуготрајним искључењима путничких кола из саобраћаја предложене неке мере за побољшање рада у погону ТОПК Београд са циљем само да се загребе испод површине овог широког проблема у ЖТП-у "Београд" уз наду да ће овај рад учинити макар мали помак у овој области.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Симић Г.: „Конструкција и прорачун вагона – предавања на Машинском факултету", Београд
[2] Шарић Ј.: „Вучена возила", Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 1996.
[3] Подаци о техничким карактеристикама путничких кола, Образац ТК-9
[4] Књига евиденције оправке кола ТК-18
[5] Правилник 241 о одржавању железничких возила
[6] Упутство 253 за прегледача кола

ANALYSIS OF PASSENGER CAR MAINTENANCE IN WORKSHOP „TOPK BEOGRAD" FOR YEAR 2003.

Nenad Mirčevski, Aleksandar Jovanović, Srdjan Škaro

Abstract – *Passenger car maintenance is an important segment in passenger transport functioning, improvement of work in this field significantly contributes to prosperity of Railway Enterprise „Beograd" and to better positioning in passenger transport market. Providing enough number of serviceability passenger cars for traffic is possible if thorough analysis of work of the maintenance workshop are well-timed and according to those analysis suggest appropriate measures for improvement of passenger cars.*

Key words – passenger cars, maintenance, analysis

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

ANALIZA VIBRACIONIH SPEKTARA KOD ŽELEZNIČKIH VOZILA

Miloš Milovančević [1], Aleksandar Miltenović [2]

Rezime *– U cilju obezbeđanja ispravnog rada železničkog vozila neophodno je obezbediti niz mera nadzora. Identifikovanjem i analizom vibracija na osovinskim sklopovima kao i na podu sanduka šinskih vozila, dobija se slika stanja ogibljanja i stanja osovinskih sklopova. Ovo ima za cilj rano prepoznavanje otkaza ali i određivanje mirnoće i stabilnosti hoda šinskih vozila. Kod ranog prepoznavanja otkaza i dijagnoze centralnu ulogu igra frekventna analiza. Zadatak frekventne analize je da vibracije razloži na pojedinačne komponente u pogledu njihovih frekvencija. Matematička zavisnost između signala predstavljenog u vremenskom području (vremenska funkcija) i signala predstavljenog u frekventnom području (spektralna funkcija) određuje se preko Furijeva transformacija. U radu su date teorijske osnove kao i eksperimentalna identifikacija spektar vibracionih parametara vibracija ležaja i sanduka železničkog vozila u toku eksploatacije.*

Ključne reči – održavanje, vibracije, FFT-analiza, železnička vozila

1. UVOD

Rad mašina zahteva niz mera nadzora ispravnog rada da bi proces bio održiv. Najčešće se vrši nadzor pritiska ulja i temperature kao i kontrola radnih parametara: brzine obrtanja, snaga i stepen korisnosti.

Osnovu nadzora čine utvrđivanje vibracija i njihovo merenje električnim putem. Vibracije se mere na kritičnim mestima i na osnovu izmerene vrednosti utvrđuju se dinamičke sile.

1.1. Značaj nadzora i zaštite

Kod planiranja ugradnje sistema nadzora i zaštite mora jasno biti definisan cilj nadzora i njegova praktična realizacija. U tom smislu od značaja su sledeći koncepti.:

Nadzor: Zadatak čistog nadzora je da prepozna da li će doći do pojave greške (otkaza), i da kod automatskih sistema na to upozori (alarm, isključivanje).

Rano prepoznavanje greške (otkaza): Sistem za rano prepoznavanje greške indicira grešku mašine već u ranom stadijumu, pri čemu je moguć dalji rad mašine za dodatno predviđeno vreme.

Dijagnoza greške: Pomoću različitih metoda analize signala daje se dijagnoza greške, tako da je u slučaju ranog prepoznavanja greške moguća blagovremena priprema regeneracije radne ispravnosti mašine.

Trend analiza: U sistemu za rano prepoznavanje greške ili ranu dijagnozu, vrlo često je integrisan i postupak trend analize. Mašina ostaje u radu kada je greška uočena u ranom stadijumu. Trend analiza daje prognozu vremenskog perioda rada mašine do pojave kritičnog stanja.

Kod ugradnje sistema treba takođe razlikovati permanentni nadzor i povremeni (među) nadzor.

Permanentni nadzor: Permanentni sistemi nadzora su fiksno instalirani sistemi merenja i ocene. Povezani su sa znatnim troškovima ugradnje. Treba misliti samo na sopstvenu sigurnost takvih sistema, koji mora da ima definisanu reakciju kod pojave greške. Zbog toga sistem nadzora mora biti stalno aktivan i osposobljen da prepozna fatalnu grešku i u vrlo kratkom vremenu da reaguje.

Međunadzor: Po pravilu kod ranog prepoznavanja greške i rane dijagnoze dovoljan je i medju nadzor. Merenja se izvode sa udaljenosti preko mobilnih mernih uređaja.

2. FREKVENTNA ANALIZA

Kod ranog prepoznavanja greške (otkaza) i dijagnoze centralnu ulogu igra frekventna analiza. Zadatak frekventne analize je da vibracije razloži na pojedinačne komponente u pogledu njihovih frekvencija. Vibracije mogu da se prikažu ili u funkciji vremena ili u funkciji frekvencija, dakle u vremenskom ili frekventnom području. Oba načina predstavljanja sadrže iste informacije. Sagledavanje vibracija u obadva područja olakšava njihovu analizu. Za proračun pojedinačnih vrednosti funkcije u frekventnom području, mora se pregledati ceo tok signala u vremenskom području i obrnuto. Kod nadzora mašina najvažnije veličine su ustvari vrednosti untrašnjih dinamičkih sila na mestima gde se javljaju vibracije. Drugim rečima energija vibracija je odgovorna za oštećenja delova mašina. Preko spektra vibracija želi se ustvari dobiti spektar sila. Pojedinačni uticaji, na primer uticaj određenih mašinskih komponenata na kompleksnu sliku vibracija, jako je teško identifikovati u vremenskom domenu. Zbog toga se za to koristi frekventno područje, gde uz poznavanje konstrukcije relativno lako može da odredi uticaj pojedinih komponenata konstrukcije u spektru vibracija.

2.1. Primena frekventne analize

Teorija Furijeovih redova kaže da talasi bez obzira na svoju složenost,mogu biti izraženi preko redova dva ili više sinusnih i kosinusnih talasa, ako su talasi periodični, odnosno ako su sastavljeni od istih talasa koji se ponavljaju. Matematički oblik ove teorije naziva se Furijeov red u oblasti od $-\infty$ do $+\infty$.

Nije uvek jasno do kada signal treba da bude meren i da se određuje njegova periodičnost, posebno kad se merenjem

[1] Miloš Milovančević dipl. maš. inž. Mašinski fakultet Niš, e-mail: milovanc@InfoSky.net
[2] Aleksandar Miltenović dipl. maš. inž. Mašinski fakultet Niš, e-mail: milten@eunet.yu

talasa do u beskonačnost izaziva slabljenje talasa.

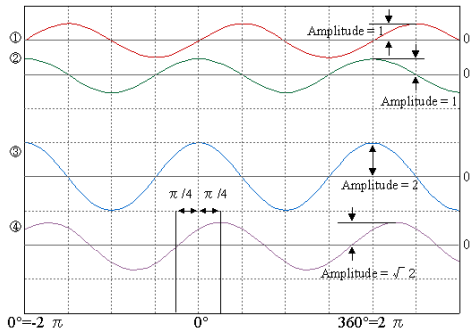
U originalu ovaj Furijeov metod proračuna zahtevao je izuzetno veliki broj operacija množenja .Međutim J.W. i J..W. su predložili metodu proračuna koja smanjuje broj proračuna uzimajući da je broj podataka jednak 2^n. Ako je broj podataka 102 i broj operacija množenja je 1024x1024=1048576, ovo je redukovano na 10240.

2.2. Teorijski aspekti FFT analize

Razmatra se zbir prikazanih talasa (slaganje talasa).

$$x_1 = \cos(2\pi \cdot f \cdot t) + \cos(2\pi \cdot f \cdot t)$$
$$x_2 = \cos(2\pi \cdot f \cdot t) + \cos\left(2\pi \cdot f \cdot t - \frac{\pi}{2}\right) \quad (1)$$

Oblici talasa su prikazani na slici 1, svaki od njih ima istu frekvenciju ali različite amplitude i faze.

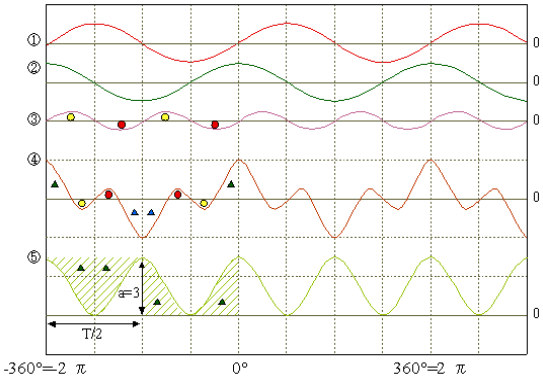


Slika1. Oblici talasa, svaka od njih ima istu frekvenciju ali različite amplitude i faze

$$x_2 = \cos(2\pi \cdot f \cdot t) + \cos\left(2\pi \cdot f \cdot t - \frac{\pi}{2}\right) =$$
$$= \sqrt{2}\cos\left(2\pi \cdot f \cdot t - \frac{\pi}{4}\right) \quad (2)$$

Posmatra se prvo x_2. Jednačina za x_2 može da dobije drugačiju formu na osnovu trigonometriskih formula.

Ovo znači da ako kosinusni i sinusni talas imaju istu frekvenciju i fazu i saberu se, rezultujući talas je jednak kosinusnom talasu i ima amplitude koja je za koren iz dva puta veća od originalne amplitude a fazu veću za π/4.



Slika 2. Površina dobijena slaganjem talasa

Kao što je prikazano na dijagramu slika 2, proizvod periodičnih talasa rezultira takođe periodičnim talasom. Ako su na talasu x_1 pozitivna i negativna oblast jednake zbir površina je nula. Talas x_2 predstavlja proizvod osnovnih talasa i drugog harmonika. Površina talasa x_2 je takođe nula. Ipak za talas x_3 nema negativne površine a zbir ove površine je:

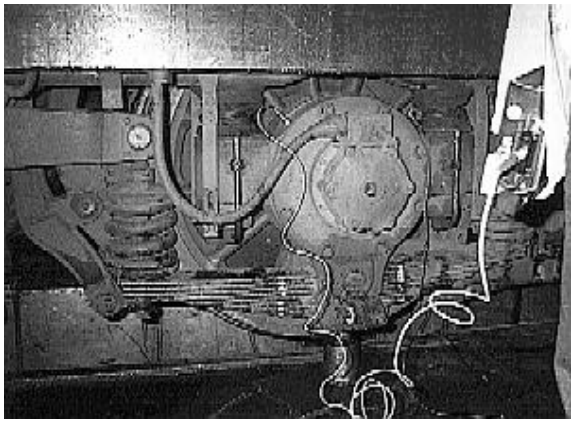
$$\int_0^{2\pi} b\cos(2\pi \cdot f \cdot t)\,\mathrm{X}\, b\sin(2\pi \cdot f \cdot t)dt = 0 \quad (3)$$

Ovo znači da amplituda a_n može biti određena na osnovu referentnog talasa

$a_n \cos(n \cdot 2\pi \cdot f \cdot t) + b_n(n \cdot 2\pi \cdot f \cdot t)$, gde je n=1,2,3,...,

3. PRIMENA DIJAGNOSTIČKOG SISTEMA ZA OCENU STANJA LEŽAJEVA OSOVINSKOG SKLOPA

Postoji veliki broj savremenih dijagnostičkih sistema koji mogu da detektuju oštećenja ležajeva osovinskog sklopa, svi oni su proizvodi velikih proizvođača ležajeva i uglavnom imaju iste karakteristike. Svi sistemi za dijagnostiku ležajeva baziraju se na detekciji vibracija i njihovoj FFT analizi, međutim ono što ih razlikuje je mogućnost i način tumačenja podataka dobijenih u vidu dijagrama u frekventnom domenu.

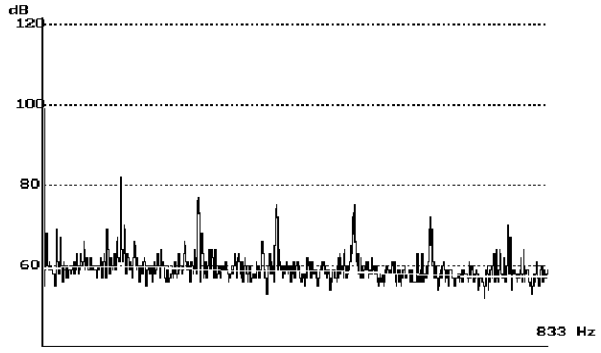


Slika 3. postavljanje senzora na kućište ležaja

Primer koji je ovde prikazan slici 3, semplovan je pomoću Vibration Specialties Corporation SpectraVib analogno/digitalnog konvektora koji koristi VSC kod oba prenosiva kontrolera podataka u monitoring sistemima baziranim na PC platformi. Podaci su u ovom primeru procesirani i predati softverskom paketu za dijagnostiku ležajeva, DREAM, što je akronim za Diagnostic Rolling Element Analysis Module, proizveden u kompaniji VibroAcoustical Systems and Technology, Incorporated of Saint Petersburg, Rusija **[2,3]**. DREAM koristi envelope detektovan ili demodulisan frekventni spektar signala sa ležaja a delom i direktni frekventni spektar koji se bira na osnovu geometrijskih dimenzija ležaja koji se testira i brzine rotacije. Na ovaj način se u principu otklanjaju prateće vibracije kućišta ležaja osovinskog sklopa pre njihove obrade, prikazano na slikama (4,6). Moguće je

DREAM dijagnostičkim sistemom otkloniti uticaj pratećih vibracija i nakon modulacije signala ali je ovakav pristup primereniji sistemima za stalni monitoring stanja ležaja. DREAM dijagnostički sistem kao jedan od boljih danas na tržištu intenzivno testiran u SAD i dao je dobre rezultate.

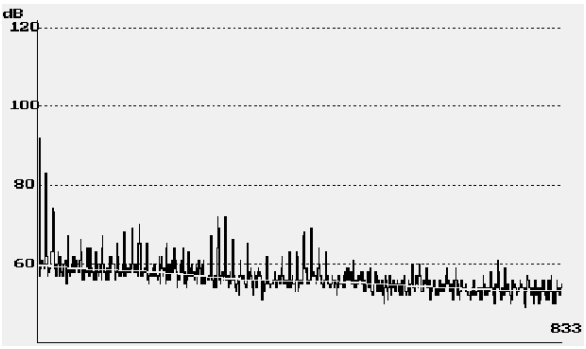
Testiranje je vršeno na ležaju tipa «F», prikazanom na slikama (5,7), koji je rotirao brzinom od 80 milja na sat u uslovoma koji odgovaraju brzini voza pod punim opterećenjem. DREAM sistem je našao oštećenja ležaja na spoljašnje i unutrašnjim prstenovima ležaja **[2,3]**.



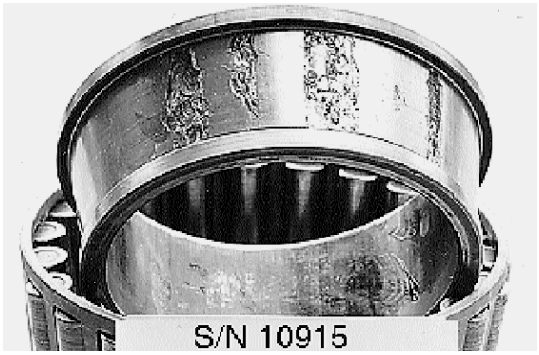
Slika 4. Prikaz vibracionog spektra ležaja dobijenog DREAM dijagnostičkim sistemom

Slika 5. Prikaz ležaja na kome je vršena dijagnostika oštećenja

Na spektru vibracija ležaja prikazanom na slikama (4,6), sistem je automatski odredio parametre koje koristi u dijagnostici na osnovu geometrijskih dimenzija ležaja i njegove brzine rotacije. Vibracije ležaja su date u frekventnom domenu envelope metodom.



Slika 6. Envelope spektar vibracija oštećenog ležaja



Slika 7. Prikaz ležaja nakome je vršena dijagnostika oštećenja

DREAM dijagnostički sistem pokazao je zapažene rezultate u identifikaciji otkaza ležaja na Ruskoj železnici. Poboljšanja od 20% vezana su za predviđanje vremena otkaza za koja se tvrdi da je preciznost reda veličina jednog dana eksploatacije. U osnovi prednost ove od ostalih metoda dijagnostike ležajeva osovinskog sklopa je u filtriranju signala. Filtar za predhodnu detakciju automatski vrši serparaciju signnala sa ležaja od ostalih vibracionih signala, uz pomoć fleksibilnog i prilagodljivog softvera i to bez uticaja ljudskog faktora-operatera. Kako se radi o potpuno softverskom procesu nema potrebe za specijalizovanim hardverom.

4. ZAKLJUČAK

Dijagnostika ležaja osovinskih sklopova je od izuzetnog značaja obzirom da su elementi obrtnog postolja železničkog vozila najodgovorniji za bezbednost. Otkazi ležaja kao najopterećenijih elemenata su česti i izazivaju zastoje a neretko uzrokuju veća oštećenja na osovinskom sklopu. Kao preventiva većim defektima osovinskih sklopova koristi se metoda merenja i procesiranja FFT analizom vibracija ležaja.

Primenom metoda frekventne analize vibracija mašinskih sistema, na osnovu FFT analize, moguće je otkriti i najmanje promene stanja radnoj ispravnosti. Ovakvom analizom dobijaju se podaci koji se skladište u memoriji računara, samim tim podležu različitim uporednim analizama i praćenju u dugom vremenskom periodu, što daje preciznu sliku stanja mašinskog sistema.

LITERATURA

[1] Azovtsev Yu., Barkov A., Yudin I. "Automatic Diagnostics and Condition Prediction of Rolling Element Bearings Using Enveloping Methods", presented at the 18th annual meeting of the Vibration Institute, June, 1994.

[2] A. Y. Azovtsev, A. N. Barkov, and D. L. Carter, "Improving The Accuracy of Rolling Element Bearing Condition Assessment", presented at the 20th annual meeting of the Vibration Institute.

[3] Duncan L. Carter, U. S. Patent Number 5,477,730, "Rolling Element Bearing Condition Testing Method and Apparatus" issued December 26, 1995.

[4] Duncan L. Carter, "Some Instrumentation Considerations In Anti-friction Bearing Condition Analysis", presented at the 17th annual meeting of the Vibration Institute, June, 1993.

[5] Angelo, Martin, "Vibration Monitoring of Machines," Bruel & Kjaer Technical Review No. 1-1987, pp. 1-36.

[6] R. B. Randall, "Frequency Analysis", third edition, pp. 83-87, published by Bruel and Kjaer, 1987.

ANALYSES OF METHOD FOR COLLECTING AND APPLICATION OF VIBRATION SPECTRUM OF RAILCARS

Miloš Milovančević, Aleksandar Miltenović

Abstract – *In an attempt to secure regular work of railcar it is necessary to obtain list of maintenance measures. By identifying and by analysing vibrations on shaft assembly as well as on the flour of rail car, it is possible to obtain conclusion about other assemblies of rail cars. Purpose of this method is to determent dynamic behaviour and running behaviour. Frequent analyses are main roll in early failure determining .Frequent analyses is used to dissolve vibrations on separated frequents components. Mathematical causal relationships between signal in time domain and signal in frequent domain are determent by Fourie transformation. In this paper theoretical postulates and experimental identification of vibration spectrum are given.*

Key words: maintenance, vibration, FFT-analyses, railcars,

XI ŽELKON '04 RAILCON '04 2004

CERTIFICATION FOR SAFETY OF SELF-PROPELLED RAILWAY VEHICLES

Eniu Borshukov [1], Bogomil Kovatchev [2]

Abstract - *The inspection for technical serviceability of vehicles for issuing a certificate for running safety on railway infrastructure includes safety of personnel and passengers and rolling stock fire safety, as well as conformity with the requirements for legal capacity and qualification of the personnel occupied directly with vehicle control and operation.*
Vehicle fitness for operational safety is inspected according to documents for all type of vehicles and entirely (physical inspection) of random sample from the total number of identical vehicles proposed for certification by the carrier.
A complete set of documents is worked out for realization and for documenting the inspection; a procedure for each inspection, a protocol for each inspection and a general protocol with conclusion for conformity with the requirements for safety.

Keywords – Railway, Vehicles, Certificate, Safety

1. INTRODUCTION

According to Decree 42/06.07.2001 of the Ministry of Transport and Communications of Republic of Bulgaria a certificate for vehicle safety for running on the railway infrastructure is issued for a period of validity of five years on condition that the performed annual inspections confirm the conformity with the requirements.

The certificate for safety is issued after inspection of vehicle technical state and conformity with the requirements for legal capacity and qualification of the personnel occupied directly with vehicle control and operation. This activity is realized by a body licensed by the Ministry of Transport and Communications.

In Republic of Bulgaria a License for that activity possesses the National Institute of Transport Research Limited (NITR Ltd.).

2. ELABORATION

The certification of rail vehicles for safety is related to essential requirements towards railway infrastructure and rolling stock for ensuring operational conformity with Trans-European Railway system.

In Republic of Bulgaria this problem is treated by Decree 57/09.06.2004 of the Ministry of Transport and Communications. According to the Decree "the operational conformity" is the ability of the railway system to allow safe and continuous running of trains that achieve the necessary operation levels.

The Trans–European conventional railway system is separated into subsystems, one of which is the rolling stock. Towards the essential requirements refer (articles 9,10, 20 of the Decree):

- for guarantying safety and reliability it is necessary the control and maintenance of components used in the movement to be organized and realized by a way ensuring their functioning and security in case of achieving the level of expected aims of the system including worsen conditions;
- the parameters related to the rail-wheel contact have to meet the requirements for stability necessary for guarantying safe running at maximum permissible speed;
- the used components have to withstand all normal and increased loads;
- the selection of materials used in the rolling stock have to guarantee restriction of prerequisites for fire occurrence, as well as the consequences of its spreading ;
- the qualification of engine-drivers have to guarantee safety of operation.

The specified essential requirements standing in the basis of inspections for vehicle technical serviceability for issuing certificate for safety include control of all elements and systems related to running safety, passenger and personnel safety and fire safety of railway rolling stock .

According to the methodology, the vehicle fitness for safe operation is inspected in two ways. All vehicles proposed by the carrier for certification are subjected to documentary inspection and the random sample from the total number of identical vehicles is put to the direct control (physical inspection) as follows: 1 vehicle from the total number of up to 20 pieces; 2 vehicles from the total number of up to 50 pieces and 10 vehicles from the total number of up to 100 pieces.

In order to maintain the level of the requirements for safe operation of rolling stock, the volume of inspections for vehicle technical serviceability during the annual confirmation of an already issued certificate does not differentiate from the volume of inspections carried out before issuing the certificate. The annual random sample of vehicles for physical inspection excludes the vehicles inspected during the previous years.

Besides establishing conformity with the requirements for concrete parameters and indices, the inspection allows

[1] Eniu Borshukov, Ph.D. Ass. Prof., M. Sc. E. Eng, NITR Ltd, Sofia, Bulgaria
[2] Bogomil Kovatchev, M. Sc. M. Eng, NITR Ltd, Sofia, Bulgaria

to be assessed the efficiency of the repair system and the quality and fullness of implementation of planned and unplanned repair operations described in the regulations and technological documents.

The list of systems, assemblies and components of every type self-propelled vehicle that are obligatory inspected covers:

- clearance;
- running gear (bogy, wheel sets, reducers, spring suspension, brake system – gaps and compressive force);
- weight balancing of vehicle;
- buffing and draw gear (buffers, draw gears);
- hydraulic fluctuation dampers;
- automatic air brake system;
- hand brake (parking brake);
- pressure tanks;
- fire safety;
- vehicle signalling, inscriptions and signs related to safety, audio signals, windscreen wipers;
- automatic locomotive signalling;
- a deadman control device;
- a system for recording and displaying running speed;
- communication system (radiotelephone connection);
- a system for production and storing of compressed air;
- state of the insulation of electrical machines, equipment and circuits;
- maximum current relay protection;
- fire informing systems and thermal relays;
- electric resistance of wheel sets;
- protective earthing of equipment and vehicle;
- protective blocking;
- an electro-dynamic brake;
- railway track visibility and lighting from cabins;
- stock (according to valid regulations);
- pantographs.

Complex documentation is worked out for realizing and documenting the inspection which include: a procedure for each physical inspection, a protocol for each physical inspection, a protocol for documentary inspection and a general protocol with conclusion for conformity with the requirements for safety.

Each procedure consists of the following parts: aim of the inspection, inspection methods, apparatus, measuring facilities, normative documents and requirements, inspection of technical documentation (incl. vehicle technical passport), contents and sequence of inspection activities, documenting the obtained results and preparing a protocol, instruction for health and safe conditions of work.

A special procedure for action in case of nonconformity is worked out. It is regulated that the non-conformities are estimated as “non-essential” and “essential”. According to circumstances and assessments, if the available “non-essential” non-conformities are few in number a certificate can be issued but with a condition that the non-conformities should be removed in the frames of the annual confirmation of the certificate.

The protocol for inspection of vehicle technical serviceability according to documents consists of:

- inspection of vehicle technical documentation (drawings - general view with overall dimensions, layout of equipment, description of construction and basic parameters);
- inspection of:
  - technical passport of the locomotive and the included protocols, dimensional charts and other documents;
  - technical passport of the bogies;
  - technical passport of wheel sets;
  - technical passport of air compressors;
  - technical passport of a tachograph and tachometer;
  - technical passport of the deadman control device;
  - data for accomplished repairs;
  - other documents regarding the state of systems related to safety;
  - availability of regulations for repair and maintenance ;
  - a written assurance from the owner for conformity with the requirements for signalling, lighting, inscriptions, terms for inspection of manometers and speedometers, lead seals, equipping with the obligatory stock, fire extinguishing apparatus.

3. CONCLUSION

The system for railway rolling stock certification including the elaborated and approved methodology and procedures for inspection, measurement and tests and protocols for their exact application can in adequate degree extent assure the use of safe rolling stock regarding railway infrastructure, operating personnel and passengers.

Until 01.07.2004, the National Institute of Transport Research Limited has issued certificates for safety of self-propelled rail vehicles for railway transport to the following enterprises: “Maritsa Iztok” Mines, Logistic Centre Romania - Branch Bulgaria (Pirdop), National Company “Railway Infrastructure “ and Bulgarian State Railways.

REFERENCES

[1] “Methodology, procedures and protocols for railway rolling stock certification in Republic of Bulgaria” – A collection of normative documents of NITR Ltd. – Sofia, official edition of NITR Ltd., 2003.

[2] “Decree 42 of the Ministry of Transport and Communications of Republic of Bulgaria from 06.07.2001, published in State Newspaper 67/31.07.2001.

[3] “ Decree 57 of the Ministry of Transport and Communications” from 09.06.2004, published in State Newspaper 55/ 25.06.2004.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

CERTIFICATION NORMATIVE BASE FOR RAILWAY ROLLINGSTOCK SAFETY

Jivko Jelev [1], Yordan Kostadinov [2]

Abstract - *The inspection for technical safety of vehicles is carried out in conformity with the requirements of Railway Law of Republic of Bulgaria and Decree 42 of Ministry of Transport and Communications (MTC) for licensing a control body performing inspection for technical state of rolling stock and issuing a certificate for safety. In Republic of Bulgaria, the National Institute for Transport Research (NITR Ltd.) is licensed as such control body.*

Keywords – Railway, Vehicles, Certificate, Safety

1. INTRODUCTION

The inspection for technical safety of vehicles is carried out in conformity with Railway Law (RL) of Republic of Bulgaria published in State Newspaper 97/28.11.2000, and with effect from 1 January 2002. In that sense, this inspection is an important national assignment.

2. ELABORATION

Under article 31 (1) of RL, the railway infrastructure is used by licensed carriers that possess a certificate for safety

Under article 45 of RL the activities, covering the inspection of vehicle technical serviceability and inspection of conformity of legal capacity and qualification of the personnel occupied directly with vehicle control and with ensuring safe operation, are realized by licensed juridical or physical persons. The licenses are issued by the Minister of Transport and Communications for a period of five years.

The juridical/physical persons, that apply for license for inspection of technical serviceability of vehicles for ensuring safe operation on the railway infrastructure and the inspection of the legal capacity and qualification conformity of the personnel occupied directly with vehicle control, have to:

- be established by the Council of Ministers or by any other state body or they have to be registered under the Trade Law;
- have qualified specialists;
- have at their disposal premises, conditions and technical means suitable for realizing the activity;
- do no repair work.

According to article 46 of RL, the licensed persons under article 45 verify the vehicle fitness for safe infrastructure operation and the other circumstances with a certificate for safety. It is issued for railway infrastructure running with validity for a five year period and it has to be legalized every year.

The conditions and order for issuing licenses for the activity under article 45 and the requirements for issuing a certificate for safety are specified by a Decree of the Minister of Transport and Communications.

The Decree 42/06.07.2001 for licensing railway enterprises for passenger and freight transport and for the persons_issuing a certificate for safety is published in State Newspaper 67/31.07.2001.

The requirements which have to be met by the persons that apply for license for inspection and for issuing certificate for safety and the order by which the license is issued are regulated by the above mentioned Decree. The more important requirements are as follows:

- a proof for financial state;
- description of managerial structure;
- a business plan for a five year period;
- proofs for the qualification of managerial and executive staff;
- description of own or leasehold material and technical foundation – premises, stands and equipment as follows:
  - a stand for static tests;
  - a stand for weight balancing;
  - an impact test stand;
  - a stand for measuring the moment of resistance of bogies rotation in relation to the bodies;
  - thermo-chambers for temperature tests;
  - a chamber for testing materials behavior under fire;
  - a stand for cyclic and vibration tests of brake system components;
  - laboratory cars for traction power supply, for dynamic riding and for brake tests;
  - calibrated facilities for inspection;
  - technical archives for the files of inspected vehicles.
- document for certification as a control body of A type in accordance with EN 45004, issued by dept. ”Accreditation of Laboratories and Bodies” at Executive Agency “Bulgarian Office for Accreditation”;
- list of vehicle types, whose technical serviceability could be inspected;
- list of systems, assemblies and components which are obligatory inspected for every separate vehicle type;
- methodology for inspection of technical serviceability of vehicles;
- methodology for inspection of legal capacity and

[1] Jivko Jelev, Ph.D. Ass. Prof., M. Sc. M. Eng, NITR Ltd, Sofia, Bulgaria
[2] Yordan Kostadinov, M. Sc. M. Eng, NITR Ltd, Sofia, Bulgaria

qualification of the personnel occupied directly with the railway vehicle control and operation.

In Republic of Bulgaria, the National Institute of Transport Research Limited (NITR Ltd.) is licensed by the Ministry of Transport and Communication in November 2002 as a body for inspection of vehicle technical serviceability and the conformity of personnel legal capacity and qualification.

According to the Decree the certificate for running safety on railway infrastructure, is issued by a licensed person after performing the defined inspections on the basis of protocols for these inspections and tests. The protocols for the results from the inspections are obligatory signed at least by two competent specialists. In every protocol is stated a definite (positive or negative) assessment of the inspection for safety. The persons performing the inspections and tests are responsible for the quality and exactness of the data written in the protocols and in the certificate for safety. When the certificate for safety is issued, the vehicle is stenciled with the number and date of the certificate.

Certificate is not issued for vehicles with expired revision or if one protocol with negative assessment is available. The availability of a certificate for safety does not decline the responsibility from the vehicle owners in case of damages and accidents caused by the vehicle or by the operating personnel.

Figure 1 shows a model of the License for Inspection of Technical Serviceability of Vehicles and Personnel and Figure 2 shows a model of the Certificate for Safety which are enclosed in Decree 42 of the Ministry of Transport and Communication of Republic of Bulgaria.

3. CONCLUSION

The system for railway rolling stock certification including the elaborated and approved methodology and procedures for inspection, measurement and tests and protocols for their exact application can in adequate degree extent assure the use of safe rolling stock regarding railway infrastructure, operating personnel and passengers.

REFERENCES

[1] "Railway Law (RL) of Republic of Bulgaria", published in State Newspaper 97/28.11.2000.

[2] "Decree 42 of the Ministry of Transport and Communications of Republic of Bulgaria from 06.07.2001", published in State Newspaper 67/31.07.2001.

МИНИСТЕРСТВО НА ТРАНСПОРТА И СЪОБЩЕНИЯТА

КОПИЕ

ЛИЦЕНЗИЯ

№ 401 от 01.12.2002 год.

за проверка на техническата изправност на всички типове возила и на съответствието на правоспособността и квалификацията на персонала, зает пряко с управлението им

На "НИИТ" ООД
Бул[illegible] № 180 587
София Пр[illegible] № [illegible] 29.11.2002 год.

Срок на валидност 5 години

Приложение :
1. Списък по чл. 26

МИНИСТЪР: .....

Fig. 1

НАЦИОНАЛЕН ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКИ ИНСТИТУТ ПО ТРАНСПОРТА - ООД (НИИТ - ООД)

НИИТ

СЕРТИФИКАТ ЗА БЕЗОПАСНОСТ

№ ..... от .....200.... г.

на возилата и за съответната квалификация на персонала, зает пряко с управлението им

на "....."

Сертификатът удостоверява годността за движение по железопътната мрежа

Срок на валидност 5 години

Приложение:
1. Списък на возилата
2. Списък на персонала

Управител:
/ст.н.с.д-р.инж.Ж.Желев/

Fig. 2

XI ŽELKON '04 RAILCON '04 2004

ИДЕНТИФИКАЦИЈА ПОКАЗАТЕЉА ПОУЗДАНОСТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЛОКОМОТИВА СЕРИЈЕ 441

Драган Милчић[1], Стојан Миленковић[2]

Резиме *– Техничко стање возних средстава ЖТП ” Београд ” карактерише неповољна старосна структура и застарелост техничких решења. Циљ ЖТП ” Београд ” је да обезбеди већу поузданост и расположивост возног парка. У том правцу у овом раду, на основу праћења отказа електричних локомотива серије 441, врши се идентификација показатеља поузданости.*

Кључне речи – Железничка возила, Откази, Поузданост, Електрична локомотива серије 441.

1. УВОД

ЖТП ” Београд ” у свом инвентарском парку има 167 електро локомотива, 41 гарнитуру електро-моторних возова, 226 дизелелектричних локомотива и 42 гарнитуре дизелмоторних возова, што укупно износи 476 вучних возила.

У табели 1. дат је преглед стања електро вучних возила са старосном структуром.

Табела 1.Преглед бројног стања електро локомотива и електромоторних возова са старосном структуром

Година	Серија и врста електро вучних возила				
	412 / 416	Електро моторни возови	441	461	Електро локомотиве
1967			4		4
1968			1		1
1969			17		17
1970			16		16
1971			6		6
1972			7	22	29
1973				4	4
1975			11		11
1976			10		10
1978				17	17
1979				25	25
1980	3	3	8	8	16
1981	1	1	2		2
1982	5	5			
1983	8	8			
1984	1	1			
1986	3	3	4		4
1987	8	8	4		4
1988	5	5			
1989	4	4			
1992	1	1			
1996	1	1			
1997	1	1			
Укупно:	41	41	91	76	167
Просечна старост	17	17	29	26	27,5

Техничко стање возних средстава ЖТП Београд карактерише неповољна старосна структура и застарелост техничких решења.

У последњих четири до пет година уследило је постепено смањење расположивости електро вучних возила за експлоатацију, односно имобилизација вучних возила је била у сталном порасту са краћим периодичним смањењем имобилизације, што је имало за последицу немогућност обезбеђивања довољног броја вучних возила за извршење важећег реда вожње.

У табели 2. дат је преглед стања техничке исправности електро вучних возила, а у табели 3. преглед стања имобилизације електро вучних возила.

Табела 2. Преглед стања исправности електро вучних возила

Редни број	Врста и серија возила	Исправно за саобраћај		Индекс
		2001 год.	2002 год.	(4 : 3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1.	Електро моторни возови	11,3	15,0	1,33
1.1.	серија 412/416	11,3	15,0	1,33
2.	Електро локомотиве	68,1	68,9	1,01
2.1.	серија 441	40,0	43,0	1,07
2.2.	серија 461	28,1	25,9	0,92

Табела 3. Преглед имобилизације електро вучних возила

Година	Врста и серија возила	Инвентарско стање	ЕВ – 40	Просечан број исправних	Циљна имобилизација	Остварена имобилизација
2002.	Електро моторни возови	41	14	15,0	65,85	63,41
	серија 412/416	41	14	15,0	65,85	63,41
	Електро локомот.	167	83	68,9	50,29	58,74
	серија 441	91	45	43,0	50,55	52,75
	серија 461	76	38	25,9	50,00	65,92

Вучна возила јесу веома сложен и комплексан технички систем, код кога се јављају скоро све врсте неисправности које се јављају уопште код техничких система.

Све неисправности које проузрокују отказе саставних делова система могу се сврстати у више група:

а) Слабљење делова

- лом услед замора са претходном напрслином,

[1] др Драган Милчић, доцент, Машински факултет Ниш, Александра Медведева 14, 18000 Ниш, e-mail. dmilcic@ptt.yu
[2] Стојан Миленковић, дипл. маш. инж., ЖТП “Београд”

- лом услед замора на завареном саставу,
- пукотина услед замора,
- истрошеност,
- корозија,
- нагриженост,
- старење неметалних делова.

б) Механичка преоптерећења

- лом услед преоптерећења,
- пукотина услед преоптерећења (ударца),
- пластична деформација саставног дела,
- слабљење карактеристика опруга,
- оштећење површине услед удара,
- оштећење услед слабе површинске заштите,
- оштећење услед вибрације.

ц) Електрична оштећења

- слабљење контаката,
- слабљење изолације,
- слабљење проводљивости,
- варничење,
- слабљење електричних карактеристика,
- ослабљено напајање електричном енергијом.

д) Физичко – хемијска оштећења

- сагорелост,
- истопљеност,
- прегрејаност,
- замрзнутост,
- влага,
- губљење херметичности,
- пад притиска флуида,
- дејство зрачења (електромагнетско и др.),
- дејство статичког електрицитета,
- дејство спољних хемијских агенаса,
- промена карактеристика течности,
- дејство биолошких агенаса (бактерије, инсекти)

е) Неподешеност

- неподешеност услед слабљења веза,
- неподешеност услед истрошења,
- неподешеност услед деформације,
- неподешеност услед корозије,
- неподешеност услед слабе заштите од спољних утицаја,
- неподешеност као последица неисправности другог саставног дела,
- заглављење, закочење,
- губитак саставних делова,
- губитак прецизности,
- нетачност положаја и др..

ф) Последична неисправност

- заглављивање,
- недовољна количина флуида и енергије.

г) Разлог замене саставног дела

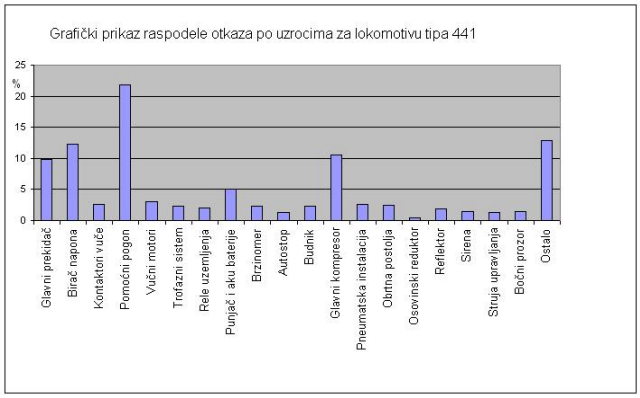
- случајни отказ,
- дуго некоришћење,
- отказ услед старења,
- непридржавање упутства за руковање,
- лоше одржавање,
- лоше обезбеђење од климатских утицаја,
- слаб квалитет монтаже,
- конструктивни недостатак,
- рани отказ (грешка у монтажи),
- недостатак саставног дела.

2. ПОКАЗАТЕЉИ ПОУЗДАНОСТИ

У табели 4 дат је преглед отказа по компонентама електро локомотива серије 441 за период 1.1.2001. до 31.12.2002. године. Из табеле се уочава да је највећа учестаност отказа помоћног погона 21,91%, бирача напона 12,36% и главног компресора 10,63%. На хистограму учестаности отказа (слика 1) је то још очигледније.

Табела 4. Преглед отказа по компонентама

Ред. бр.	Врста отказа	Број отказа	Проценат %
1.	Главни прекидач	216	9,82
2.	Бирач напона	272	12.36
3.	Контактори вуче	58	2.63
4.	Помоћни погон	482	21,91
5.	Вучни мотори	67	3,04
6.	Трофазни систем	52	2,36
7.	Реле уземљења	46	2,09
8.	Пуњач и акумулат. батерије	113	5,13
9.	Брзиномер	51	2,32
10.	Аутостоп	28	1,27
11.	Будник	51	2,32
12.	Главни компресор	234	10,63
13.	Пнеуматска инсталација	56	2,54
14.	Обртна постоља	53	2,41
15.	Осовински редуктор	10	0,45
16.	Рефлектор	43	1,95
17.	Сирена	31	1,41
18.	Струја управљања	30	1,36
19.	Бочни прозор	32	1,45
20.	Остало	285	12,95
Укупно		2210	100,00



Слика 1. Хистограм учестаности отказа компонената локомотиве серије 441

Подаци о отказима појединачно за сваку локомотиву серије 441, датог инвентарског броја, из возног парка ЖТП Београд, дати су у табели 5. Паралелно са подацима о броју отказа дати су подаци о пређеној километражи сваке локомотиве, броју пређених километри по отказу, број отказа на 100000 пређених *km* и просечна километража месечно за сваку локомотиву.

Табела 5. Откази електро локомотива серије 441 за период 1.1.2001. до 31.12.2002.

Ред. бр.	Инв. бр. лок.	Пређени км	Број отказа	Пређени км по отказу	Бр. отказа на 100.000 км	Просечно пређени км месечно
1.	009	286.481	37	7.743	12,91	11.937
2.	010	253.023	36	7.028	14,23	11.501
3.	011	333.705	36	9.269	10,79	13.904
4.	031	102.961	19	5.419	18,45	9.360
5.	038	318.868	31	10.286	9,72	13.286
6.	039	248.722	50	4.974	20,10	10.363
7.	040	201.150	32	6.286	15,91	11.832
8.	041	136.309	25	5.452	18,34	8.519
9.	042	233.957	42	5.570	17,95	11.141
10.	043	320.055	39	8.206	12,18	13.335
11.	060	193.095	39	4.951	20,19	10.727
12.	062	285.616	43	6.642	15,05	12.418
13.	064	176.329	40	4.408	22,68	9.796
14.	066	189.114	27	7.004	14,28	11.124
15.	068	263.590	57	4.624	21,63	11.460
16.	074	167.196	36	4.644	21,53	10.449
17.	076	27.786	5	5.557	17,99	9.262
18.	077	214.361	37	5.793	17,26	9.320
19.	078	94.830	27	3.512	28,47	10.536
20.	086	201.586	29	6.951	14,38	11.199
21.	087	138.252	49	2.821	35,45	7.680
22.	088	171.972	37	4.648	21,51	9.051
23.	310	216.356	50	4.327	23,11	9.406
24.	311	311.229	18	17.290	5,78	12.968
25.	313	233.254	65	3.588	27,87	10.602
26.	314	183.256	36	5.090	19,64	9.162
27.	315	25.657	6	4.276	23,38	8.552
28.	316	251.703	34	7.403	13,51	10.487
29.	317	188.242	57	3.302	30,28	7.843
30.	319	160.223	52	3.081	32,45	8.432
31.	321	204.301	32	6.384	15,66	10.752
32.	322	220.865	47	4.699	21,28	9.202
33.	324	61.597	17	3.623	27,60	7.699
34.	326	232.512	60	3.875	25,81	10.568
35.	412	160.212	30	5.340	18,72	10.013
36.	413	257.014	36	7.139	14,01	10.709
37.	414	166.610	21	7.934	12,60	11.107
38.	415	280.503	36	7.791	12,83	11.687
39.	417	92.317	20	4.616	21,66	10.257
40.	418	246.288	32	7.696	12,99	11.195
41.	419	245.566	34	7.222	13.84	11.162
42.	422	241.681	39	6.197	16,13	10.985
43.	424	194.668	42	4.635	21,57	10.245
44.	508	207.348	34	6.098	16,40	11.519
45.	510	200.957	46	4.368	22,89	11.821
46.	512	284.652	37	7.693	12,99	12.376
47.	513	265.814	39	6.815	14,67	11.075
48.	514	276.289	32	8.634	11,58	11.512
49.	518	100.022	15	6.668	14,99	8.335
50.	522	207.338	47	4.411	22,67	10.367
51.	523	293.387	37	7.929	12,61	12.756
52.	525	199.048	27	7.372	13,56	10.476
53.	527	69.617	10	6.961	14,36	11.603
54.	532	289.638	32	9.051	11,05	12.068
55.	601	247.104	17	14.535	6,88	13.005
56.	602	312.057	34	9.178	10,89	13.002
57.	603	261.574	29	9.019	11,08	11.373
58.	604	308.089	30	10.269	9,74	12.837
59.	701	251.111	23	10.918	9,16	10.463
60.	702	326.208	15	21.747	4,59	13.592
61.	704	321.130	15	21.408	4,67	13.380
62.	706	319.574	17	18.798	5,32	13.315
63.	707	255.887	20	12.794	7,81	12.794
64.	708	9.865	3	3.288	30,41	4.932
65.	709	346.130	20	17.306	5,78	15.049
66.	710	247.629	21	11.792	8,48	12.381
67.	746	292.148	20	14.607	6,84	13.279
68.	748	142.007	15	9.467	10,56	15.778
69.	749	250.743	13	19.288	5,18	13.930
70.	751	117.011	15	7.800	12,82	9.001
71.	753	218.371	8	27.296	3,66	12.131

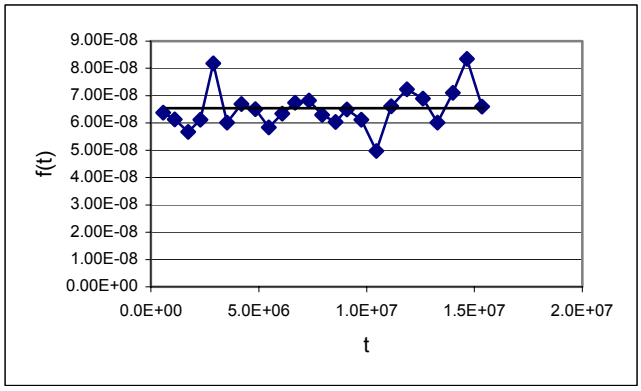
Сређивањем података о отказима у 24 интервала (2 године, 24 месеца), где је за случајну променљиву узет број пређених *km*. Ширина интервала није константна, зависи од броја пређених *км* свих локомотива у датом месецу и износи Δt између 550000 *km* и 710000 *km*. За сваки од интервала Δt дефинисан је број отказа у датом интервалу $N(\Delta t)$.

Применом Microsoft Excel извршен је прорачун показатеља поузданости (табела 6): функције учесталости отказа f, fункције густине $f(t)$, функције интензитета отказа $\lambda(t)$, функције кумулативне учестаности отказа $F(t)$, функције поузданости $R(t)$.

Табела 6.Резултати прорачуна показатеља поузданости

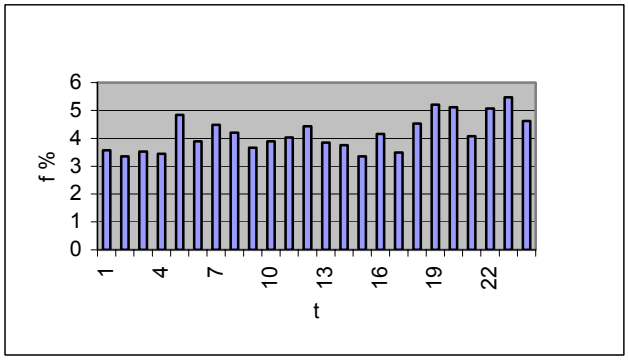
Δt	$N(\Delta t)$	t	t_{sr}	$N(t)$	$n(t)$	$f(t)$	f %	$\lambda(t)$	$R(t)$	$F(t)$ %
560777	79	560777	280388.5	79	2131	6.37E-08	3.57	6.49E-08	0.96425	3.57
546451	74	1107228	834002.5	153	2057	6.13E-08	3.35	6.47E-08	0.93076	6.92
621390	78	1728618	1417923	231	1979	5.68E-08	3.53	6.22E-08	0.89547	10.45
561911	76	2290529	2009574	307	1903	6.12E-08	3.44	6.97E-08	0.86108	13.89
591501	107	2882030	2586280	414	1796	8.19E-08	4.84	9.78E-08	0.81267	18.73
646598	86	3528628	3205329	500	1710	6.02E-08	3.89	7.59E-08	0.77375	22.62
668675	99	4197303	3862966	599	1611	6.70E-08	4.48	8.92E-08	0.72895	27.10
646374	93	4843677	4520490	692	1518	6.51E-08	4.21	9.20E-08	0.68687	31.31
627300	81	5470977	5157327	773	1437	5.84E-08	3.66	1.51E-08	0.65022	34.98
613987	86	6084964	5777971	859	1351	6.34E-08	3.89	1.00E-07	0.61131	38.87
597385	89	6682349	6383657	948	1262	6.74E-08	4.03	1.14E-07	0.57104	42.89
650420	98	7332769	7007559	1046	1164	6.82E-08	4.43	1.24E-07	0.52669	47.33
611081	85	7943850	7638310	1131	1079	6.29E-08	3.85	1.24E-07	0.48823	51.18
622162	83	8566012	8254931	1214	996	6.04E-08	3.75	1.29E-07	0.45067	54.93
515662	74	9081674	8823843	1288	922	6.49E-08	3.35	1.50E-07	0.41719	58.28
679575	92	9761249	9421462	1380	830	6.13E-08	4.16	1.55E-07	0.37556	62.44
700261	77	10461510	10111380	1457	753	4.98E-08	3.48	1.39E-07	0.34072	65.93
684716	100	11146226	10803868	1557	653	6.61E-08	4.52	2.08E-07	0.29547	70.45
719546	115	11865772	11505999	1672	538	7.23E-08	5.20	2.68E-07	0.24343	75.66
741592	113	12607364	12236568	1785	425	6.89E-08	5.11	3.16E-07	0.19230	80.77
677488	90	13284852	12946108	1875	335	6.01E-08	4.07	3.50E-07	0.15158	84.84
712974	112	13997826	13641339	1987	223	7.11E-08	5.07	5.63E-07	0.10090	89.91
656415	121	14654241	14326034	2108	102	8.34E-08	5.47	1.13E-06	0.04615	95.38
699558	102	15353799	15004020	2210	0	6.60E-08	4.62	2.86E-06	0	100

Графички приказ промене функције густине дат је на слици 2. Може да се уочи да вредности функције густине осцилирају око неке средње вредности.



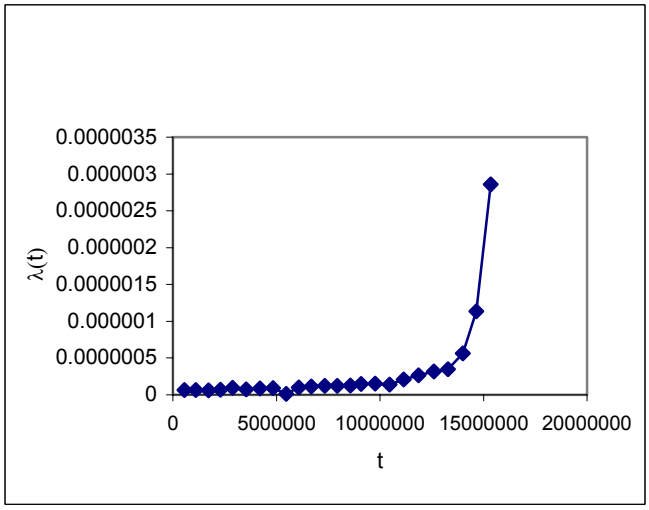
Слика 2.Функција густине f(t)

Хистограм функције учестаности отказа дат је на слици 3.



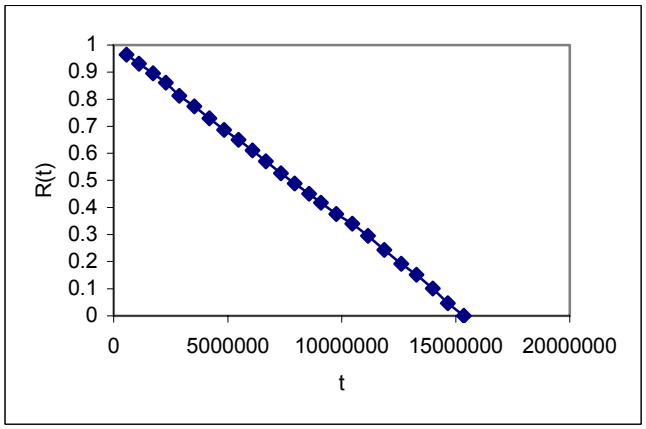
Слика 3. Хистограм функције учестаности отказа

На слици 4 дата је промена функције интензитета отказа $\lambda(t)$.



Слика 4.Функција интензитета отказа λ(t)

На слици 5 дата је промена функције поузданости $R(t)$.



Слика 5.Функција поузданости R(t)

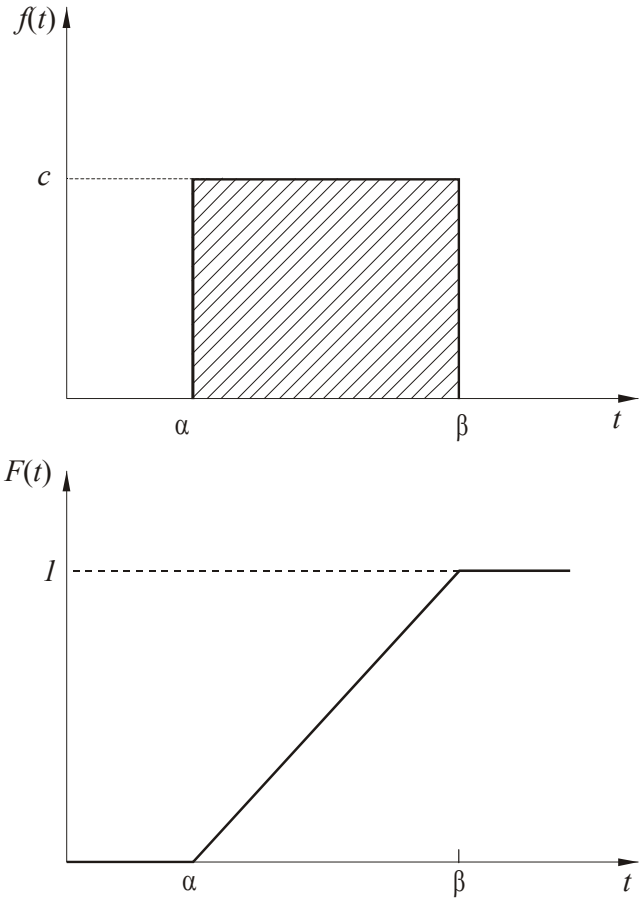
На основу функције густине и функције поузданости може да се констатује да је у питању униформна расподела.

2.1. Униформна расподела

Функција густине отказа униформне расподеле (слика 6)

$f(t) = c$ за $\alpha < t < \beta$

$f(t) = 0$ за $t < \alpha$ и $t > \beta$



Слика 6. Униформна расподела – функција густине f(t) и функција непоузданости F(t)

Како је површина испод функције густине једнака 1

$$c \cdot (\beta - \alpha) = 1 \quad \Rightarrow \quad \text{параметар расподеле } c = \frac{1}{\beta - \alpha}$$

$$f(t) = \frac{1}{\beta - \alpha} \qquad \text{за } \alpha < t < \beta$$

$f(t) = 0$ за $t < \alpha$ и $t > \beta$

$F(t) = 0;\ R(t) = 1$ за $t < \alpha$

$$F(t) = \frac{t - \alpha}{\beta - \alpha}; \qquad \text{за } \alpha < t < \beta$$

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \frac{t - \alpha}{\beta - \alpha} = 1 - c(t - \alpha) \qquad \text{за } \alpha < t < \beta$$

$F(t) = 1;\ R(t) = 0$ за $t > \beta$

Интензитет отказа $\lambda(t)$

$$\lambda(t)=\frac{f(t)}{R(t)}=\frac{1}{\beta-t}$$

Средња вредност униформне расподеле

$$m=\int_{\alpha}^{\beta}\frac{t}{\beta-\alpha}\,dt=\frac{\alpha+\beta}{2}$$

Варианса униформне расподеле се одређује према изразу

$$D_t=\mu_2=\frac{1}{\beta-\alpha}\int_{\alpha}^{\beta}\left(t-\frac{\alpha+\beta}{2}\right)\cdot dt=\frac{(\beta-\alpha)^2}{12}$$

Средње квадратно одступање

$$\sigma_t=\sqrt{D_t}=\frac{\beta-\alpha}{2\sqrt{3}}$$

Како је униформна расподела симетрична то је коефицијент асиметрије *Sk* нула

$$Sk=\frac{\mu_3}{\sigma_t^2}=0$$

Четврти момент μ_4

$$\mu_4=\frac{1}{\beta-\alpha}\int_{\alpha}^{\beta}\left(t-\frac{\alpha+\beta}{2}\right)^4 dt=\frac{(\beta-\alpha)^4}{80}$$

Помоћу четвртог момента дефинише се коефицијент спљоштености *Et*

$$Et=\frac{\mu_4}{\sigma_t^4}-3=-1{,}2$$

2.2. Параметри униформне расподеле отказа електричне локомотиве серије 441

Параметри расподеле α и β одређују се из израза за средњу вредност m_t и вариансу D_t, а на основу података о отказима датим у табели 6.

$$m_t=\sum_{i=1}^{k}t_i'\cdot\frac{N(\Delta t)}{n}=7804450{,}798$$

$$D_t=\sum_{i=1}^{k}(t_i'-m_t)\cdot\frac{N(\Delta t)}{n}=2.00762\cdot10^{13}$$

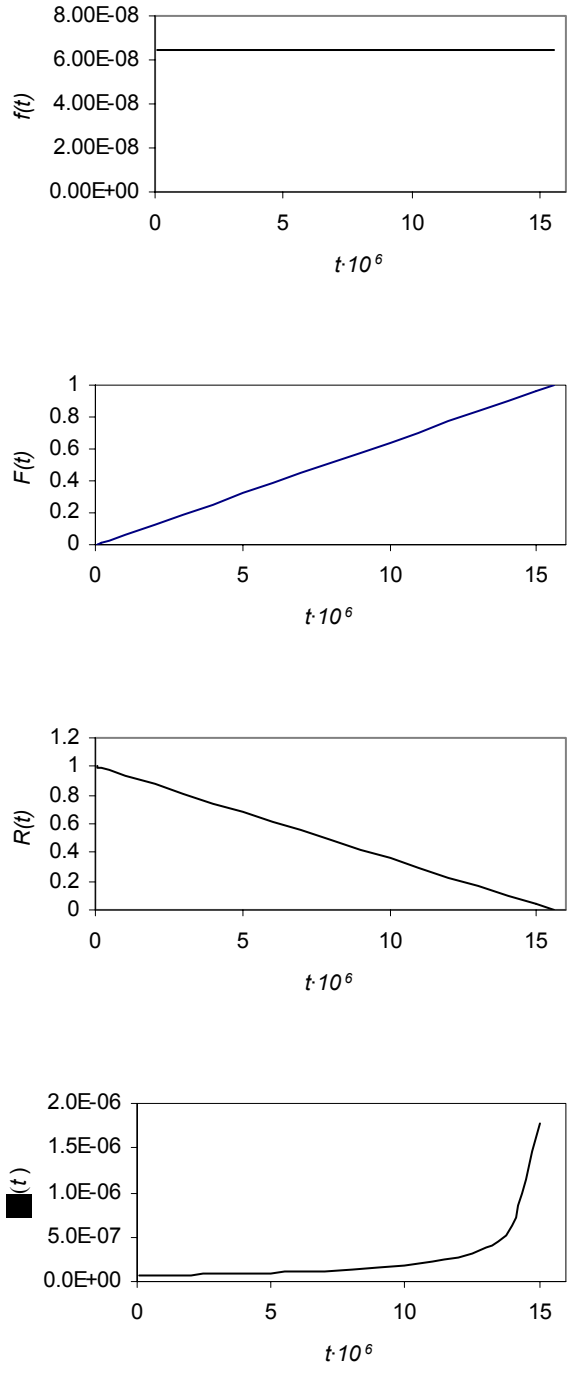
$$\frac{\alpha+\beta}{2}=7804450{,}798$$

$$\frac{(\beta-\alpha)^2}{12}=2{,}00762\cdot10^{13}$$

Решавањем једначина по α и β добија се α=43620,487 и β =15565280, па је функција густине

$$f(t)=\frac{1}{\beta-\alpha}=\frac{1}{15565280-43620{,}487}=6.4428\cdot10^{-8}$$

На слици 7 дати су теоријски облици функција густине отказа *f*(*t*), функције непоузданости *F*(*t*), функције поузданости *R*(*t*) и функције интензитета отказа λ(*t*).



Слика 7. Теоријске функције густине отказа f(t), функције непоузданости F(t), функције поузданости R(t) и функције интензитета отказа λ(t)

3. ЗАКЉУЧАК

Техничко стање возних средстава ЖТП ” Београд ” карактерише неповољна старосна структура и застарелост техничких решења. Циљ ЖТП ” Београд ” је да обезбеди већу поузданост и расположивост возног парка, кроз реконструкцију и модернизацију компонената са највећим бројем отказа. У том правцу, на основу праћења отказа електричних локомотива серије 441, извршена је анализа показатеља поузданости и констатовано да за закон расподеле отказа може да се усвоји униформна расподела. У раду су дефинисани параметри униформне расподеле. На основу облика функције интензитета отказа може се закључити да се ради о позним отказима компонента електро локомотива серије 441.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Ј. Тодоровић, Д. Зеленовић: "Ефективност система у машинству", Научна књига, Београд, 1981.
[2] Ж. Пауше: "Вјеројатност – Информација, Стохастички процеси", Школска књига, Загреб, 1985.
[3] H. Ventsel: ”Theorie des probabilites” , Editions de Moscou, 1982.

IDENTIFICATION OF RELIABILITY INDICES OF ELECTRIC LOCOMOTIVES SERIES N_O 441

Dragan Milčić, Stojan Milenković

Abstract – *Technical condition of rolling stock of ŽTP “Beograd” is characterized by unfavorable age structure and obsoleteness of thereof technical solutions. The aim of ZTP “Beograd” is to provide higher reliability and availability of rolling stock fleet. To this respect, this paper elaborates the identification of reliability indexes based on the following up of the type of defects causing electric locomotives Series No 441 be out of operation.*

Key words – Railway rolling stock, Defects, Reliability, Electric locomotives Series No 441.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

IMPROVING THE ECONOMICAL BENEFITS OF RAILWAYS BY TECHNICAL MEANS

Dipl.-Ing. Daniel Odry[1], Prof. Dr.-Ing. Markus Hecht[2]

Abstract: *Over the last decades the cargo traffic volume in Europe has increased tremendously. While the railway freight transportation volume has remained constant, shipping, air and especially road freight transportation have experienced a significant growth in volume. Political directives might be helpful to increase the market share of railway freight transportation, but a real breakthrough in a free market economy can only be achieved by competitive business strategies supported by up-to-date technology. The Technical University of Berlin has developed a new more flexible, light-weight and low-noise freight car bogie with enhanced functionality – the so-called LEILA DG (in German: LEIchtes und LärmArmes DrehGestell). An increase of the payload, the telematic system and the on-board monitoring and diagnostic system - called Life Cycle Unit (LCU) - contribute significantly to increase the utilization of the LEILA bogie and lower the life cycle costs compared with the Y25 bogie. These systems also support new business offering a products functionality in quality, time and location.*

Keywords: LEILA, bogie, freight car, Life Cycle Unit (LCU), freight traffic, selling use, telematics, diagnostics

1. INTRODUCTION

One reasons for the decrease in market share of railway freight transportation over the last decades (Figure 1) is certainly the lack of flexibility in regard to transporting small consignments to different sites. Another major issue is the low average transportation speed, which is often below 20 [km/h]. This is not caused by small line speeds but by the time spent in shunting yards, by complex operating control procedures, by long-winded border formalities and by the poor performance of the obsolete running gear [2].

Freight car bogies have a great impact on this. Most freight car bogies in use on track today were designed 50 till 100 years ago. Only minor changes in design were made since then. Electronic monitoring and diagnostic systems that facilitate maintenance procedures and increase safety are totally missing. As a result, labour intensive and time consuming train formation, inspection and handover procedures are still necessary today (Figure 5).

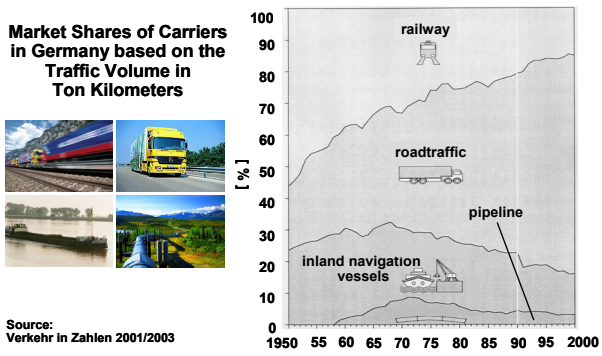


Figure 1: Market Shares of Carriers in Germany [5]

Poor reliability and intensive wearout of components lead to increased downtime. Another common problem is that the block brakes corrugate the running surface of the wheel [2].

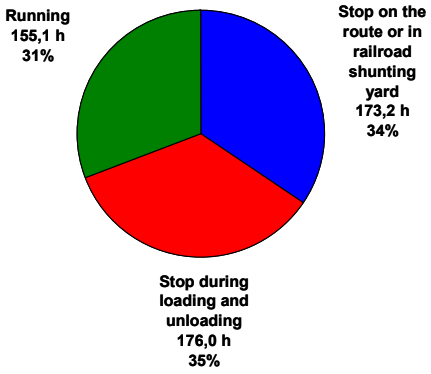


Figure 2: Breakdown of runs and stops of a typical example of cross-border rail freight traffic [3]

This damages the tracks and leads to severe noise emissions that are annoying and environmentally harmful. Many state authorities already consider increasing access fees for loud freight trains. All these factors contribute to a significant raise of the life cycle costs.

To demonstrate the problems of European railways freight transportation, the Technical University of Berlin has supervised a chemical tank wagon travelling between Germany and Finland for a period of 13 months. Two thirds of the time needed for a round trip, the tank wagon was not moving. It was standing either on the track, in railroad shunting yards or it was loaded or unloaded [3].

2. THE LEILA BOGIE

To make European railway freight transportation more

[1] Dipl.-Ing. Daniel Odry, Technical University of Berlin,
Department of Assembly Technology and Factory Management
[2] Prof. Dr.-Ing. Markus Hecht , Technical University of Berlin, Department of Rail Vehicles

competitive, the Technical University of Berlin has developed a new more flexible, light-weight and low-noise freight car bogie with enhanced reliability (Figure 3). The LEILA bogie is designed to be fully compatible with the existing train wagons.

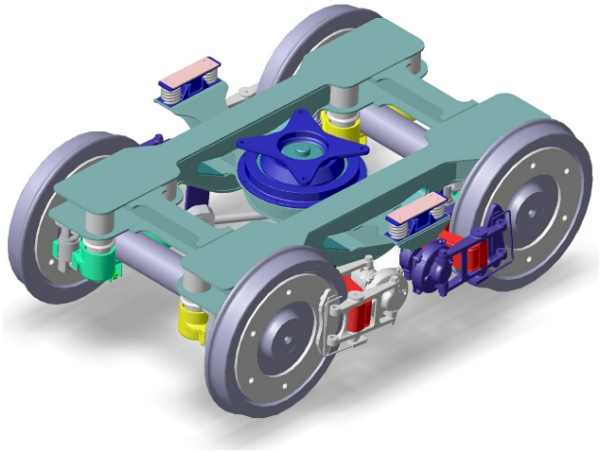


Figure 3: The new LEILA bogie

By changing from outside to inside journal axes and by using a cross anchor, a weight reduction of 1.6 tons compared with the Y25 bogie was achieved [3]. This design also improves the dynamic characteristics of the bogie. As a result the LEILA bogie is safer and can be run with higher velocity. The loss on weight is directly passed to extend the payload.

To reduce wear, the wheel diameter is set to the legitimate maximum of 920 mm. The inside suspension of the wheel sets is assembled of rubber springs and wheel disk breaks. Due to the reduced transverse forces on the tracks and due to the absorbing characteristics of the inside suspension of the wheel sets, the noise emitted by the LEILA bogie can be reduced up to 18 dB(A) compared with conventional bogies [3]. Most European states are working on access charging that favours low-noise vehicles. Switzerland is leading the way with an axle-kilometer based bonus paid for low-noise wagons [4]. This helps lower the life cycle costs of the LEILA Bogie.

3. MONITORING, DIAGNOSTIC AND TELEMATIC SYSTEM WITH LCU

The bogie and its components underlie constant devaluation by their usage which sooner or later leads to a failure. As the manufacturers are confronted with increasing demands for product availability and reliability, the assessment and prediction of the bogie and component behaviour is desirable. Diagnosability is a major issue in order to extend the utilization of the bogie and its components. Cargo location monitoring is of serious interest for logistics and planning.

The LEILA bogie is equipped with a product accompanying information system called Life Cycle Unit (LCU). The LCU is capable of acquiring, processing, and communicating relevant product and process data for evaluation purposes during the entire product life span (Figure 4).

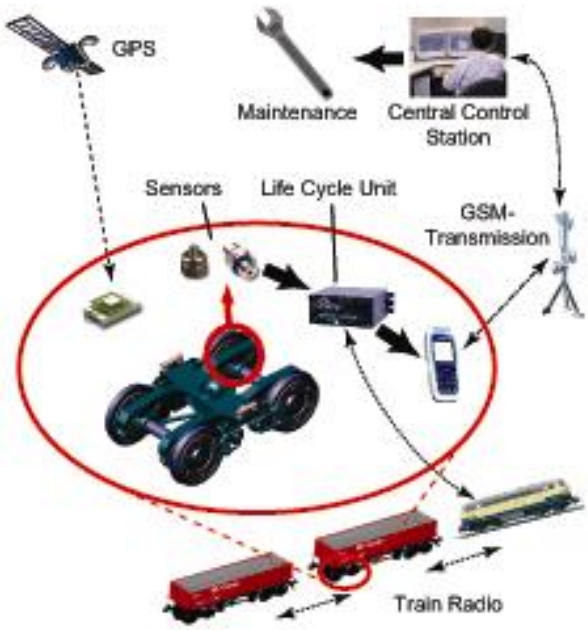


Figure 4: LEILA bogie equipped with a LCU

The inside axle bearings, the wheels, the brakes, the springs and the dampers are monitored with sensors connected to the LCU. The assessment and prediction of the components behaviour is realized by continuously calculating their wear life span equations [1]. When defined thresholds are exceeded, the LCU transfers the specified information to a central office using GSM transmission. The exact location of each cargo wagon can be determined with GPS at all times. Using the continuously updated train data the central office is in position to plan and coordinate maintenance and logistics with temporal advance. During the train formation procedure, i.e. when coupling the wagons to trains, the LCUs that are integrated into the bogies report the operative status of the brakes to the train conductor using train radio. This way, the time consuming manual brake control procedure done by wagon inspectors today can be omitted (Figure 5).

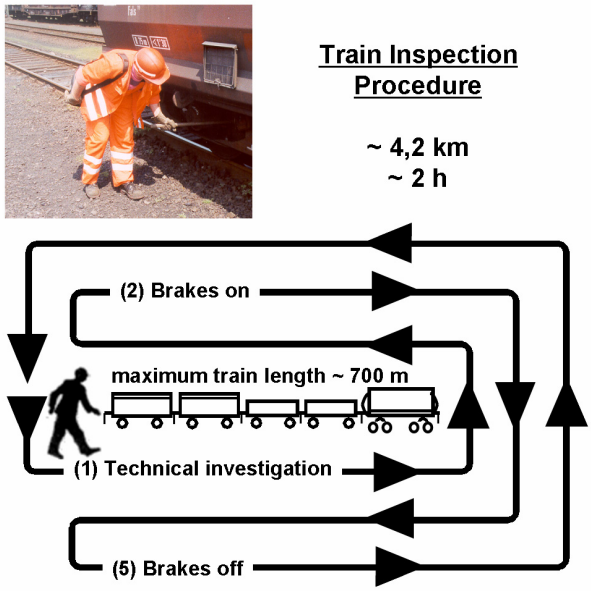


Figure 5: Train inspection procedure on a shunting yard

The LCU enhances the safety, maintainability and reliability of the LEILA bogie. Therefore it has a significant impact on cutting its Life Cycle Costs (LCC). Furthermore The LCU also supports new business in product related services, e.g., selling use instead of selling products [6], [7], telediagnosis, guaranteed availability and optimized spare part-supply. This helps making railway freight transportation more attractive and competitive.

4. SUMMARY

Major issues that has to be resolved in order to increase the market share of railway freight transportation in Europe has been addressed. The new designed light-weight and low-noise LEILA freight car bogie that is equipped with the LCU system was introduced. The application of the LEILA bogie can help increase safety, reliability, profitability and environmental friendliness of railway freight transportation.

REFERENCES

[1] G. Seliger, U. Kross, A. Buchholz
Efficient Maintenance Approach by On-board Monitoring of Innovative Freight Wagon Bogie, In: Proc. IEEE/ASME AIM 2003, Kobe, Japan, p. 407-411

[2] Markus Hecht
European freight vehicle running gear: today's position and future demands, In: Proc. Instn Mech Engrs Vol 215 Part F, p. 1-11

[3] Markus Hecht, Uwe Beika
The new reliable and sustainable LEILA Bogie for freight wagons, In: Proc. Global Conference on Sustainable Product Development and Life Cycle Engineering, 9/2004, Berlin, Germany, p. 257-260

[4] Markus Hecht
In search of a quieter, lighter freight bogie, In: Railway Gazette International 9/2002, p. 563-568

[5] Bundesministerium für Verkehr
Verkehr in Zahlen 2001/2003, Berlin, Germany

[6] Seliger, G.; Reichl, H.; Addy, P.; Buchholz, A.; Franke, C.; Middendorf, A.: Einsatz produktbegleitender Informationssysteme und ihre Auswirkungen auf die Produktionstechnik, TU Berlin, Oktober, 2002.

[7] Seliger, G.; Basdere, B.; Schumann, S.; Wapler, M.: Technological Conditions for Selling Use instead of Selling Products. Proc. of the 7th International CIRP Seminar on Life Cycle Engineering, Tokyo, Japan: 17-22, 2000.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

ISTRAŽIVANJE NAJČEŠĆIH NEISPRAVNOSTI KOLSKOG PARKA PRIMENOM INFORMACINOG PODSISTEMA TEKUĆEG ODRŽAVANJA

Milorad Pavić[1], Vojkan Lučanin[2]

Rezime: *Primenom informacinog podistema na delu barske pruge, prate se neispravni teretni i putnički vagoni od momenta isključenja iz saobraćaja do ponovnog vraćanja u saobraćaj. To podrazumeva prikupljanje, kontrolisanje, obradu i arhiviranje podataka o neispravnosti kola po individualnom broju. U periodu 2002-2003 godina evidentirano je ukupno 9500 neispravnih železničkih kola na delu barske pruge od stanice Vreoci do stanice Bijelo Polje. Statističkom obradom navedenih podataka u određenom periodu dobijaju se preko potrebne informacije o stanju neispravnosti kolskog parka. Svakodnevnim ažuriranjem ovih podataka i permanentnom saradnjom sa radionicama ZOVS-a, dolazi se do osnovnog cilja ovog podsistema, a to je smanjenje imobilizacije vagona.*

Ključne reči: železnica, železnička vozila, održavanje, informacioni sistem

1. UVOD

Informacioni sistemi o radu i održavanju tehničkog sistema (kakav je u našem slučaju ŽTP-a), čine jedan od bitnih, a možda i najvažnijih sistema za uspešno poslovanje ovako velikog i kompleksnog železničko transportnog preduzeća. Da bi se omogućilo stalno ocenjivanje i efikasno upravljanje tehničkim sistemima, a posebno preduzimanje aktivnosti koje treba da poboljšaju rad sistema, nužno je da se sva zbivanja u radu sistema permanentno prate, i da se o svim relevantnim događajuma i postupcima stalno prikupljaju odgovarajući podaci. Poznavanje procesa, tokova održavanja kolskog parka, kao i poznavanja njegove potpune istorije, predstavlja neposredni zadatak informacionog sistema o radu i održavanju, što se postiže ažurnim vođenjem evidencije o neispravnom kolskom parku.

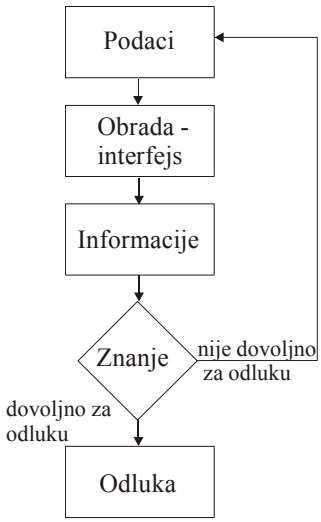
U OJ TKS u Požegi je od 2001. god. u primeni informacioni podsitem tekućeg održavanja (TEKOD). Uvedeni informacioni podsitem prati neispravna putnička i teretna kola na teritoriji ove OJ sa ciljem što manjeg zadržavanja kola van saobraćaja. Informacionim podsitemom prate se kako kola vlasništva ŽTP-a Beograd, tako i neispravnosti i zadržavanje stranih kola.

Permanentno se prikupljaju podaci o neispravnom kolskom parku sa sedam preglednih mesta ove organizacione jediinice (Vreoci, Valjevo, Požega, Užice-teretna, Priboj, Prijepolje-teretna i Bijelo Polje) koja pokriva barsku prugu kroz Srbiju.

2. INFORMACIONI PODSISTEM PRIMENA I EFEKTI

Informacioni podsistem tekućeg održavanja za sada funkcioniše kao jednokorisnički program na jednom računaru u OJ TKS-a u Požegi. Za kvalitetan rad sistema potrebno je imati i pravovremene i tačne ulazne podatke iz dnevnika pregledača kola (obrazac TK-32), koji se za sada prikupljaju telefonskim putem sa svih sedam preglednih mesta svakodnevno. Operator na računaru je radnik stručne službe TKS-a koji podatke prikuplja od nadzornika pregledača kola ili samih pregledača u jutarnjim satima svakog dana. Na taj način, starost tih informacija može biti najviše 1 dan ili 3 dana preko vikenda. Obzirom da su tokovi neispravnih kola dosta spori, ovo je sasvim zadovoljavajuće za kvalitetno donošenje odluka o održavanju.

Višegodišnjom primenom informacionog sistema u svakodnevnom radu pregledne službe, evidentno je poboljšana analiza neispravnosti kolskog parka. U periodu primene program je razvijan tako da je danas u primeni deveta izmenjena verzija programa TEKOD. Sama činjenica da rad pregledača kola podleže svakodnevnoj stručnoj detaljnoj analizi upisanih podataka o neispravnim kolima, podiže stepen kvaliteta rada pregledača kola na svim radnim mestima. Odgovarajuće potrebne informacije, dobijene obradom podataka o neispravnom kolskom parku su osnov za donošenje odluka o što efikasnijem i kvalitetnijem održavanju kolskog parka (slika 1).



Slika 1. Odnos podataka i informacija

[1] mr Milorad Pavić, dipl.maš.ing., TKS Požega, e-mail: pajom@ptt.yu
[2] Prof.dr Vojkan Lučanin, Mašinski fakultet, Beograd, e-mail: vlucanin@mas.bg.ac.yu

Primenom ovakvog načina vođenja podataka može se doći do sledećih najčešće korišćenih informacija:

- Pregled trenutno neispravnih železničkih kola po individualnim brojevima;
- Pregled neispravnih kola koja čekaju tekuću opravku u radionicama;
- Pregled neispravnih kola po seriji kola;
- Praćenje istorije neispravnosti kola i praćenja ponovljenih kvarova;
- Prosečno zadržavanje vagona van saobraćaja, pojedinačno ili prosečno za neki period, pojedinačno za radionice ili ukupno;
- Praćenje isključenih stranih kola;
- Statistika popravljenih kola po pojedinim radionicama;
- Kontrola ispravnosti svakog individualnog broja kola;
- Praćenje rada pregledača kola;
- Kvalitetniji i brži popis kola (mesečni, godišnji).

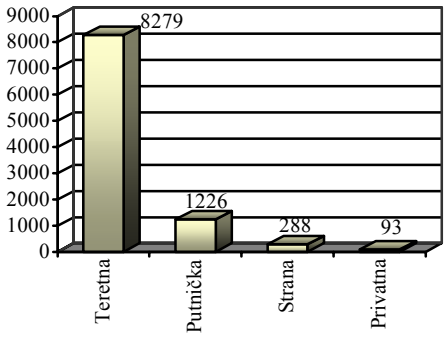
Pravovremenom analizom ovih podataka i svakodnevnim ažuriranjem, mogu se ostvariti sledeći efekti:

- Smanjenje vremena zadržavanja kola u opravci ;
- Dnevno sagledavanje isključenih kola i uzimanje u rad prioritetnih kola (tovarena, strana, putnička);
- Analiza kvarova po raznim kriterijumima (mestu isključenja, broju voza, vrsti kvara), sa ciljem da se utvrde uzroci nastanka oštećenja i prevencijom utiče da do takvih oštećenja ne dolazi;
- Smanjenje nepotrebnog čekanja kola na tekuću opravku ako im ističe vreme za neku drugu vrstu opravke (kontrolni pregled, redovna opravka);
- Mogućnost praćenja isključenih kola koja pripadaju nekim posebnim ili zatvorenim garniturama, kao i kola sposobnih za uslove RIV - 2000;
- Analizom dostupnih informacija iz sistema lako se može doći do ekonomskih pokazatelja o uštedama zbog smanjenja vremena zadržavanja kola van saobraćaja:
- Preciznija nabavka rezervnih delova, kako po vrsti tako i po količini;

Od početka uvođenja ovakvog načina rada pa do danas, u periodu od 3,5 godine, kroz sistem je evidentirano preko 15000 različitih neispravnosti kolskog parka na teritoriji OJ TKS-a Požega. To je dovoljan period i uzorak za odgovarajuće stručne analize.

3. ANALIZA NAJČEŠĆIH NEISPRAVNOSTI KOLSKOG PARKA U PERIODU 2002-2003.

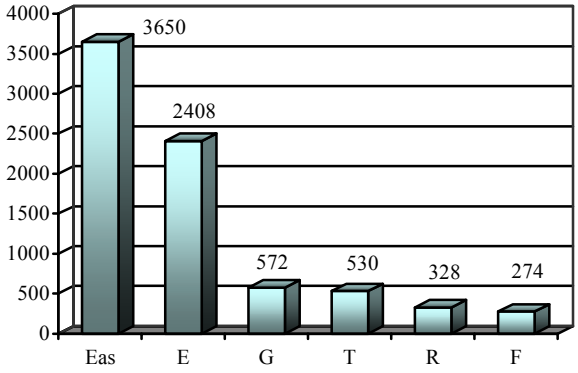
U navedenom periodu ukupno je evidentirano 9505 neispravnosti kolskog parka. Na slici 2 prikazani su kategorije kolskog parka koje su evidentirane.



Slika 2. Neispravan kolski park po kategorijama

3.1. Analiza neispravnosti teretnog kolskog parka

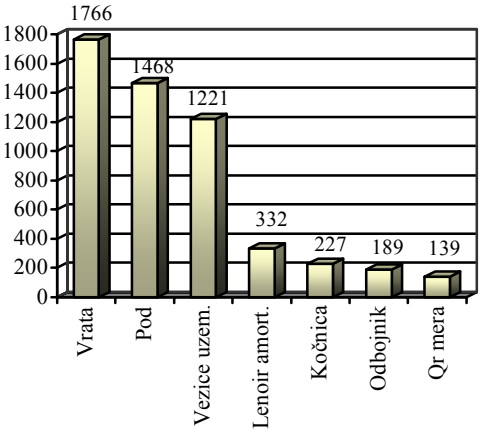
Analizirajući najčešće serije neispravnog teretnog kolskog parka dolazi se do zaključka da najviše neispravnosti ima na otvorenim kolima serije Eas i E. Detaljniji podaci o broju isključenih kola po serijama dati su na slici 3.



Slika 3. Neispravan teretni kolski park po serijama

Obzirom da se u eksploataciji najviše i koriste serije otvorenih kola tipa Eas i E za prevoz rasutih materijala (ugalj, drvo, staro gvožđe i sl.), razumljivo je da je veliki broj ove serije kola bio u tekućoj popravci.

Najčešće neispravnosti zbog kojih su teretna kola isključivana za tekuću popravku sa otkačivanjem date su na slici 4.



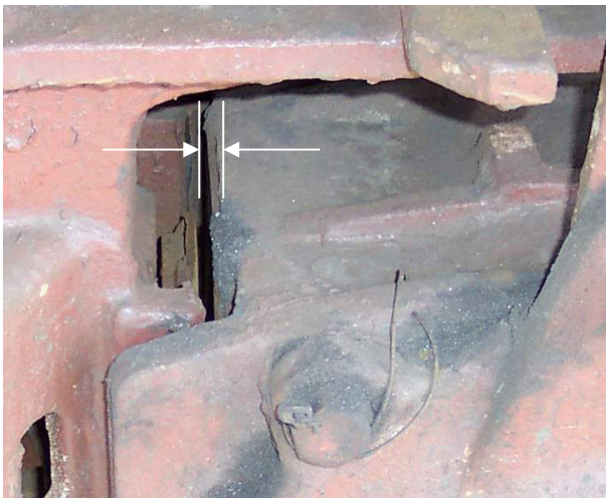
Slika 4. Najčešći kvarovi teretnog kolskog parka

Neispravnost kolskog sanduka, prvenstveno vrata i poda kola, dominantan je razlog isključenja teretnih kola za tekuću popravku. Uzrok ove neispravnosti kola je u nepravilnom utovaru i istovaru kola od korisnika prevoza, loše urađenoj investicionoj popravci kao i u samoj starosti kola ove serije.

Masovno otuđenje vezica uzemljenja sa teretnih kola u posmatranom periodu bio je veliki problem. Ako se posmatra ukupan nedostatak vezica uzemljenja u ove dve godine, dolazi se do vrednosti od oko 2300 vezica uzemljenja. Ove vezice su nadoknađene u radionicama ZOVS-a, ili su ih nadoknadili bravari TKS službe, bez isključenja vagona iz saobraćaja. Cena jedne vezice je 300 dinara. Ukupna šteta u ovom periodu je 690.000 dinara. Jedino rešenje bi bilo promeniti materijal od koga su vezice

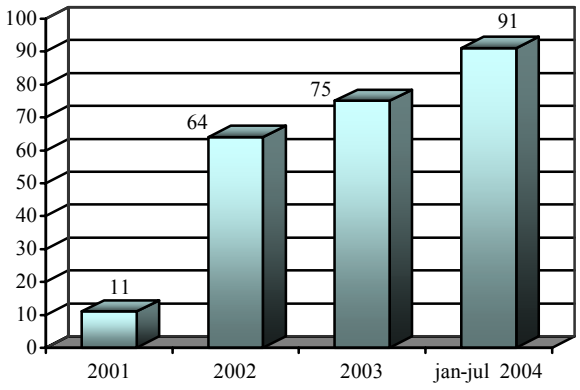
uzemljenja napravljene. Sa bakarnih, po uzoru na neke duge železničke uprave, neophodno je preći na nabavku i ugradnju odgovarajućih čeličnih vezica uzemljenja.

Jedan od problema koji zabrinjava je i nefunkcionisanje sistema prigušenja kod obrtnog postolja Y-25 (slika 5). Za ovu neispravnost direktno su odgovorne remontne radionice. Neadekvatni postupci pri održavanju u investicionoj popravci (pregled, zamena, podešavanje, itd.) uzrokuju pojavu otkidanja manganskih ploča sa rama obrtnog postolja, oštećenja kućišta ležišta i pritisnog dugmeta. Sem toga, ove nepravilnosti uslovljavaju i nepravilno vođenje osovine (pre svega neparalelnost) i pojavu nesimetričnog habanja koje uslovljava povećano habanje trčeće površine točkova i smanjenje životnog veka točkova.



Slika 5. Neispravnost sistema prigušenja obrtnog postolja Y-25

Nepravilno vođenje osovine direkno se može videti i po analizi evidentiranih kola sa neispravnom q_r merom od 2001 do perioda januar-jul 2004 (slika 6). Obzirom da se ovom problemu ne daje odgovarajući značaj očekujemo da se ovaj problem intezivira u narednom periodu.

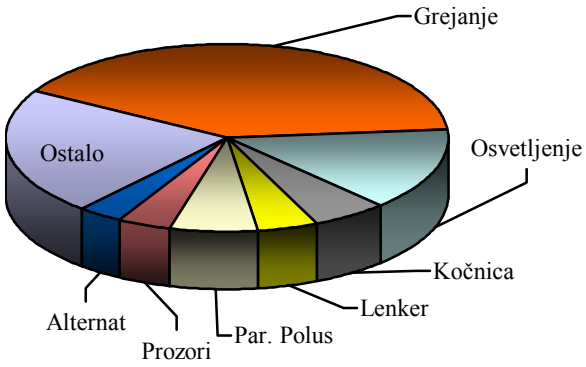


Slika 6. Broj neispravnih kola sa nedozvoljenom q_r merom po godinama

Neophodna je bolja koordinacija sa remontnim radionicama na rešavanju ovog problema i strožija međukontrola investicione popravke teretnih kola sa obrtnim postoljem Y-25.

3.2. Analiza neispravnosti putničkog kolskog parka

Na delu barske pruge u navedenom periodu evidentirano je ukupno 1226 neispravnosti kod putničkih kola. Najčešće neispravnosti date su na slici 7.



Slika 7. Neispravanosti putničkih kola po vrsti kvara

Kao što se vidi sa slike više od 50% kvarova je zbog neispravnog grejanja i osvetljenja kola. Veliki broj evidentiranih putničkih kola se ponavlja sa istom neispravnošću grejanja ili osvetljenja. U grejnoj sezoni 2002/2003 na barskoj pruzi zbog neispravnosti grejanja i osvetljenja ostvareno je 135000 km/kolima. Kola broj 50722230954-8 vlasništva ŽP-a Crne Gore evidentiran 16 puta, dok kola broj 51725010702-9 vlasništva ŽTP-a Beograd evidentirana 6 puta zbog ove neispravnosti. Ako bi to preveli u brze vozove od po 8 kola na relaciji Bar-Beograd, došli bi do 40 vozova koji su saobraćali bez prihoda (neispravna kola, van službe, zaključana idu za radionicu na popravku). Neispravnosti na grejanju i ovetljenju su višegodišnji problem koji se do sada nije uspešno rešito. Neophodna je pravilna obuka osoblja na rukovanju pojedinim tipovima grejanja. Takođe i specijalizovane radionice za popravku grejanja i osvetljenja moraju odgovornije i sistematičnije pristupati blagovremenoj nabavci rezervnih delova i popravci ovih kvarova.

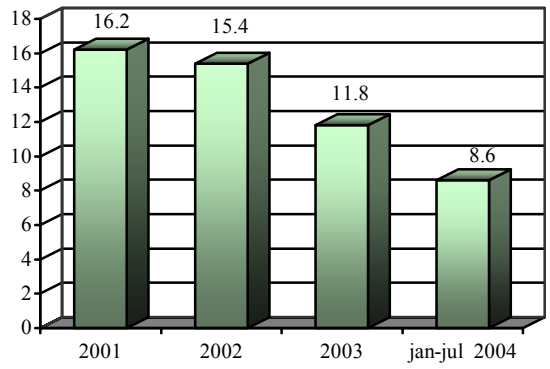
Jedan od češćih neispravnosti je i lom lenkerskog vođenja kod obrtnog postolja tipa "MD 36" na putničkim kolima (slika 8).

Slika 8. Lom lenkerskog vođenja obrtnog postolja "MD 36"

Uzroke loma lenkerskog vođenja trebalo bi detaljnije ispitati.

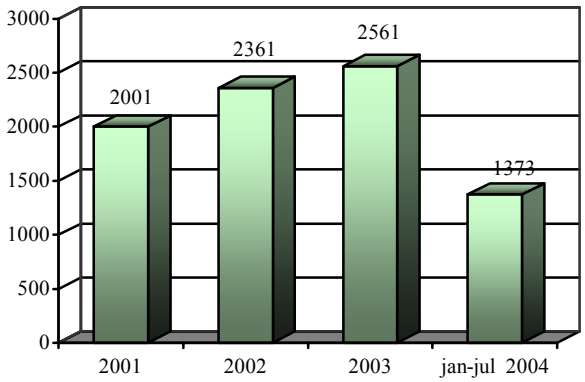
4. PROSEČNO ZADRŽAVANJE KOLA VAN SAOBRAĆAJA

U periodu primene informacionog podsistema u OJ TKS Požega prosečna imobilizacija neispravnih kola se smanjivala od 16,2 dana/kolima u 2001. godini do 8,6 dana u prvoj polovini 2004. godine (slika 9).



Slika 9. Prosečno zadržavanje kola van saobraćaja u periodu primene

Svakodnevnom analizom isključenih kola zbog tekuće popravke, u saradnji sa radionicama ZOVSa-a, evidentno je smanjeno zadržavanje kola van saobraćaja što je jedan od prioritetnih ciljeva ovog informacionog sistema.



Slika 10. Broj popravljenih kola u radionicama u posmatranom periodu

Sa druge strane broj popravljenih kola, većim angažovanjem radionica ZOVS-a, u navedenom periodu se povećao. Detaljniji broj popravljenih kola dat je na slici 10.

5. ZAKLJUČAK

Primenom informacionog podsistema TEKOD u OJ TKS Požegi postižu se značajni rezultati.

Svakodnevnim ažuriranjem podataka o neispravnom i popravljenom kolskom parku pravi se dnevno stanje neispravnog kolskog parka. Informacije o neispravnosti stižu preko dnevnih listinga neispravnih kola u radionice ZOVS-a. Radionice na osnovu prioriteta i količine rezervnih delova uzimaju u rad ona kola koja i mogu da porave. Preciznije se trebuju i naručuju odgovarajući rezervni delovi koji nedostaju radionicama.

Praćenje ponovljenih neispravnosti na kolima je delimično jer je sistem otvoren. Međutim pošto se za odgovarajuće prevoze koriste zatvorene garniture (prevozi uglja za istovar na prevrtaču, garniture cisterni u maršutnim vozovima), praćenje ponovljenih neispravnosti je moguće.

Statističkom obradom podataka može se doći do informacija o neispravnosti pojedinih serija kola, najčešćih neisravnosti, prosečnom zadržavanju van saobraćaja i tako dalje.

Obzirom da je sistem otvoren, neophodno je povezivanje svih jedinica TKS-a u ŽTP-u Beograd u jedan ovakav jedinstven informacioni sistem. Time bi se pratile neispravnost svih kola na celoj teritoriji ŽTP-a.

LITERATURA

[1] Pavić, M.: "Istraživanje gotovosti vagona primenom razvijenog informacionog podsistema tekućeg održavanja i praćenja", magistarski rad, Mašinski fakultete, Beograd 2003.

[2] Pavić, M., Lučanin, V. : "Razvoj informacionog podsiste-ma tekućeg održavanja i praćenja železničkih vagona na delu barske pruge Vreoci-prijepolje" Železnice vol.58, 3-8 januar-februar 2002. Želnid.

[3] Ivanović, G., Ivković D.: Efekti informacionog sistema za upravljanje sistemom održavanja autobusa", Kongres JISA, Herceg Novi 04-09. jun 2000.

[4] Lasica, D., Mandić, D.: "Predlog formiranja savremene baze podataka procesa održavanja železničkih kola", diplomski rad, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1998.

RESEARCH OF THE MOST OFTEN FAILURES ON RAILWAY ROLLING STOCK USING INFORMATION SUB-SYSTEM FOR CURRENT MAINTENANCE

Milorad Pavic, Vojkan Lucanin

Abstract *– By using the Sub-system on a section of Belgrade-Bar railroad, faulty cars and coaches are tracking from the moment of their switch out till reverting to traffic again. This implies acquisition, controlling, processing and storing data about car fault by individual number. During period 2002-2003 total 9500 faulty cars are registered from Vreoci station to Bijelo Polje station. Statistical processing gives information about rolling stock failures. Everydays updating of these data and permanent cooperation between with ZOVS depots will show the aim of this Sub-system, to decrease car immobilisation.*

Key words – railway, railway vehicles, maintenance, information system

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

ИСТРАЖИВАЊЕ ПОУЗДАНОСТИ ОБРТНИХ ПОСТОЉА ЛОКОМОТИВЕ СЕРИЈЕ 461 ПРЕМА FMEA МЕТОДИ

Срђан Стојичић [1], Александар Милтеновић [2]

Резиме *- Обртна постоља шинских возила представљају део који остварује везу између сандука шинског возила и пруге и имају највећи значај за динамичке карактеристике и мирноћу хода шинског возила, па према томе и за општу безбедност и сигурност његовог кретања. Обртна постоља су најоптерећенији склопови возила јер на себе примају масу сандука возила са опремом, вучне и кочне силе, као и све вертикалне и хоризонталне силе које настају услед кретања. Праћењем података из експлоатације за локомотиву серије 461 у раду ће бити дефинисани фактори отказа, утицаја и откривања појаве грешке. На основу ових фактора биће анализирана поузданост комплетног обртног постоља применом FMEA методе.*

Кључне речи: Обрно постоље, систем контроле квалитета QC9000, ISO 9004, FMEA метода,

1. УВОД

Карактеристике развоја савремених железничких возила су увећање степена аутоматизације, повећање радних параметара - оптерећења, брзине, смањење димензија и тежине, захтев за већом тачношћу и ефективношћу њиховог рада итд. Повећање сложености железничких возила доводи до неопходности и за повећање захтева за њиховом поузданошћу и трајношћу.

Поузданост одражава својство железничког возила да ће оно успешно да ради у току целог периода експлоатације за задате услове експлоатације. Према томе решење проблема поузданости железничког возила је уствари и могућност за повећање ефективности у експлоатацији. Непоуздано железничко возило не може успешно да функционише јер сваки његов застој због оштећења његових делова или смањења техничких карактеристика испод дозвољеног нивоа по правилу доводи до материјалних губитака, а понекад може довести и до катастрофалних последица.

Проблем поузданости повезан је са свим етапама пројектовања и конструисања, израде и експлоатације возила. Основно решење о поузданости возила усвојено у фази пројектовања и израде непосредно се одражава и на његову експлоатацију и на економске показатеље које оно пружа. Због тога је неопходно установити везу између показатеља поузданости и могућности њиховог повећања на свакој од етапа пројектовања израде и експлоатације возила.

Основна тешкоћа при оцени поузданости машина састоји се у коришћењу таквих метода прорачуна и таквих извора информација о промени параметара машине који би омогућили прогнозирање понашања машине у различитим условима експлоатације.

Коришћење рачунских метода прогнозирања на основу вероватносне природе акумулације оштећења делова пружа могућност за оцену поузданости делова и система у целини у свим етапама процеса њиховог настајања. При томе методе прогнозирања захтевају детаљно изучавање како физичклх процеса који доводе до отказа тако и законитости које има вероватносна природа разарања. Оцена поузданости машинских система базира се на анализи случајних процеса спољашњег утицаја на систем, динамичких веза између елемената система, као и на променама у микро-структури делова у процесу експлоатације.

Значај анализе ризика приликом пројектовања новог производа или нове технологије није тешко схватити. Уочити грешку, анализирати је, одредити и спровести корективне мере постаје вишеструко скупље у каснијој фази развоја, а најскупље је након почетка производње. Дакле, што пре се грешка открије, то су трошкови њеног отклањања мањи. Зато предвиђање ризика управо има смисла у раној фази планирања развоја новог производа или технологије. Једна од идеја за анализу ризика је предвидети које се све грешке могу јавити, некако их квантификовати и обрадити. Ова идеја је још средином 60-их довела до појаве FMEA методе. Почетак примене FMEA везан је за свемирску и авионску индустрију. Међутим, тек са развојем информационе технологије стварају се услови за једноставнију и успешнију примену методе. Сада, стандард ISO 9004 захтева "периодичну процену нацрта на важним степенима развоја" и као једну од метода наводи методу анализе грешака и њихових утицаја (FMEA).

Основни циљ истраживања у овом раду је да се разради метода помоћу које је могуће са повећаном тачношћу прогнозирати поузданост обртних постоља. Метода је базирана како на статистичкој обради података из експлоатазије објекта истраживања тако и на експертској процени.

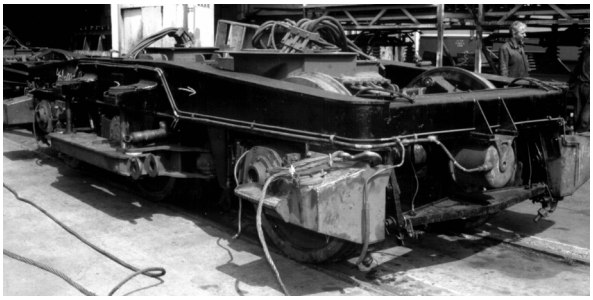
2. ОБРТНО ПОСТОЉЕ ЛОКОМОТИВЕ 461

Обртно постоље преставља трчећи део локомотиве помоћу којег се остварује узајамна веза између локомотивског сандука и колосека. Обртна постоља

[1] Срђан Стојичић, дипл. маш. инж., водећи пројектант у МИН Холдинг Ко. "Локомотива" а.д., Сектор за развој и пројектовање, lokorazvoj@ptt.yu
[2] Александар Милтеновић дипл. маш. инж. Машински факултет Ниш, e-mail: milten@eunet.yu

primају на себе тежину лококмотиве, затим вучне и кочне силе као и сва вертикална и хоризонтална оптерећења услед кретања локомотиве по правом делу пруге и у кривини. Применом обртних постоља на локомотивама побољшава се економичност вуче због смањења "мртвог терета" и мањих отпора кретању. Од квалитета израде као и укупне поузданости наведеног склопа зависи комплетна радна сигурност локомотиве као и њена мирноћа хода и динамичке особине у експлоатацији.

Локомотива серије 461 има два троосовинска обртна постоља (сл. 1). Обртна постоља су међусобно спојена, ради повољнијег уписивања локомотиве у кривину. Оба обртна постоља су једнака, са изузетком давача брзиномера који се налази на другом обртном постољу (на ВИ осовини) с десне стране.



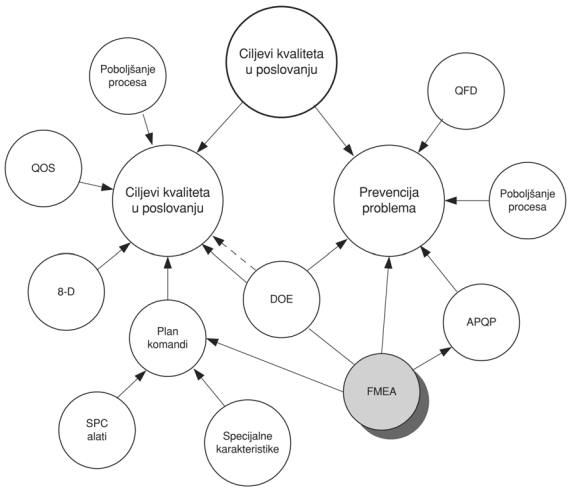
Сл. 1. Обртно постоље локомотиве 461

Обртно постоље се састоји из следећих конструктивних подгрупа:

1. погонски осовински склоп
2. осовинско лежиште
3. вешање сандука
4. огибљење обртног постоља
5. вођење колевке
6. спојница обртних постоља
7. вешање вучних мотора
8. кочница
9. уређај за пескарење
10. рам обртног постпља
11. пнеуматска инсталација
12. подмазивање венца бандажа
13. редуктор
14. торзионо вратило и зупчаста спојница
15. вучни електро мотор

3. FMEA МЕТОДА

FMEA метода је саставни део сваког QS 9000 система контроле квалитета. Слика 2 илуструје улогу FMEA код типичног система контроле квалитета.



Сл. 2. Улога FMEA методе у систему контроле квалитета.

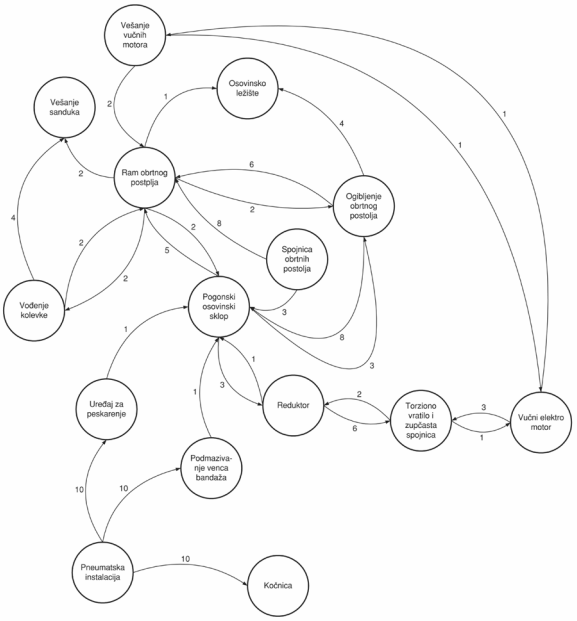
FMEA метода је дисциплина развијена у војсци УСА. Војна процедура MIL-P-1629, под називом процедуре за извођење анализе начина последица и критичности отказа, урађена је 9.11.1949 године. Она је коришћена као техника процене поузданости за одређивање ефекта отказа система и опреме.

Током 1988. године, међународна организација за стандардизацију издала је серију стандарда за управљање у пословима, ISO 9000. Успешно планирање квалитета производа обезбеђује структурални метод дефинисања и успостављања фаза неопходних за обезбеђење захтева да производ одговара потребама корисника. Контролни планови пружају помоћ у изради квалитетних производа у сагласности са захтевима корисника и у складу QS 9000. Нагласак је стављен на минимизирање варијација у процесу и производу. Контролни план даје "структурални приступ дизајну, избору и имплементацији вредних контролних метода у тоталном систему".

Ефикасност примене FMEA методе зависи од детаљности описа објекта истраживања као и од обима статистичких података о понашању конструкције током експлоатације. Због тога је у раду прво детаљно описана FMEA метода. У другом делу описан је објекат истраживања са посебним акцентом на делове објекта који су најугроженији гледано са стране појаве отказа. У трећем делу рада предложене су коректривне мере које ће довести до повећања поузданости објекта истраживања.

Анализом обртног постоља електро локомотиве 461 применом FMEA методе дата је критичка анализа стања конструкције са предлогом коректривних мера које ће довести до повећања поузданости поменуте конструкције.

При припреми за FMEA анализу, као што је већ речено, треба одредити структуру предмета анализе. Да би се поменута припрема одрадила што квалитетније потребно је детаљно анализирати предмет истраживања. У овом случају ради се о обртном постољу локомотиве серије 461. Пошто је обртно постоље веома значајан део локомотиве извршена је детаљна анализа међусобног утицаја појединих његових подсклопова (сл. 3).



Сл. 3. Граф међусобног утицаја подсклопова обртног постоља

Резуталти анализе међусобног утицаја подсклопова указују на подсклопове који за последицу у случају да откажу имају висок утицај на неки други подсклоп у обртном постољу. У поменутој анализи 1 представља мали скоро никакав утицај док 10 представља "катастрофалан" утицај. Ова врста анализе помаже, у смислу, да би се у FMEA анализи нарочита пажња обратила на одређене подсклопове у обртном постољу.

Након дефинисања међусобног утицаја подсклопова потребно је дефинисати потпуну структуру (саставницу) обртног постоља. Ту структуру треба у потпуности пренети на FMEA. Практично процес дефинисања и ажурирања структуре објекта истраживања се води независно од FMEA анализе. Структура обртног постоља се припрема тако што се дефинишу сви саставни делови који је чине. Да би се олакшало дефинисање структуре начињен је шаблон (табела 1) за унос потребних података.

Табела 1. Шаблон за унос података структуре обртног постоља локомотиве 461

Редни број	**Шифра дела**	**Назив дела**	**Број комада**

На крају припреме за FMEA анализу обртног постоља локомотиве 461 потребно је дефинисати и шаблон анализе (табела 2).

Табела 2. Шаблон за FMEA анализу

Ред. бр.	**Шифра**	**Назив дела**	**Потенцијална грешка**	**R1**	**R2**	**R3**	**R**

Након извршене садржајне припреме, тј. дефинисања структуре предмета анализе, треба на основу те структуре креирати потребне табеле FMEA. Такве табеле треба испунити подацима везаним за предмет анализе и то:

- функције
- грешке
- последице
- узроци
- контролне мере

Најпре се за предмет анализе дефинишу функције које ће се посматрати. Функције су неке специфичне карактеристике, особине, поступци везани за предмет анализе. Потребно је уочити све функције предмета анализе за које је могуће предвидети грешке. За сваку функцију треба предвидети све могуће грешке. За сваку грешку треба предвидети све њене последице. За сваку последицу треба предвидети све њене узроке, а за сваки узрок се уочавају контролне мере, тј. које се мере тренутно спроводе да не би дошло до појаве ове грешке

Уочавање функција, грешака, последица, узрока и контролних мера је кључни део FMEA анализе и треба му посветити одговарајуће време и пажњу.

У следећем кораку треба квантификовати (оценити) сваку врсту (ставку) табеле и то са различитих аспеката. Процес оцењивања ставки носи врло велику одговорност. Основне критике FMEA методе су управо неминовна субјективност оцењивања. Међутим, ако се усагласи критеријум и стекне одређено искуство у оцењивању, оцена постаје врло реална. Ставка се оцењује, генерално, кроз три фактора (тзв R-фактора) и то:

R1 - вероватноћа појаве грешке.

R2 - оцена утицаја грешке на склоп (озбиљност грешке).

R3 - вероватноћа откривања грешке.

R фактор FMEA анализе израчунава се на тај начин што се помноже међусобно сва три поменута фактора (фактор појаве, фактор утицаја и фактор откривања).

$$R = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3$$

Пошто су спроведене све припреме за FMEA анализу које подразумевају одређивање структуре конструкције и дефинисање шаблона за анализу приступило се првој FMEA анализи обртног постоља локомотиве 461 (у табели је дат шаблон најоптерећенијег склопа).

Рам обртног постоља 461001013000

Ред. бр.	Шифра	Назив дела	Потенцијална грешка	R1	R2	R3	R
1	461001013002	Чеони носач	Прскотине на носачу	9	9	8	648
2	461001013003	Попречни носач II и III осовине	Прскотине на носачу	2	9	8	144
3	461001013004	Попречни носач I и III осовине	Прскотине на носачу	9	9	8	648
4	461001013005	Конзолни носач	Прскотине на носачу	9	9	8	648
		Средња вредност R фактора за склоп					522

Свака ставка узета у обзир приликом FMEA анализе класификује се у зависности од актуеле вредности фактора R и то:

- ставка је критична ако је $R \geq 200$;
- ставка је опасна ако је $R \geq 50$ и;
- ставка је у реду ако је $R < 50$.

Након класификације ставки приступа се оцени целокупне FMEA анализе на следећи начин:

- FMEA је критична ако има бар једну критичну ставку;
- FMEA је опасна ако нема критичних ставки, а има

бар једну опасну и;
- FMEA је у реду ако нема ни критичних ни опасних ставки.

На основу изнетог, а према класификацији за FMEA анализу, закључује се да је прва FMEA обртног постоља критична. FMEA анализа је критична зато што посгтоје критични подсклопови док на самом обртном постољу постоји више критичних делова. Анализирајући даље добијене вредности закључује се да је најкритичнији подсклоп обртног постоља рам обртног постоља код кога вредност R фактора износи 522, док су најкритичније ставке чеони носач, попречни носач I и II осовине и конзолни носач. Вредност R фактора за најкритичније ставке износи 648.

Након спроведене прве FMEA и анализе добијених резултата да би се повећала поузданост обртног постоља локомотиве 461 уводе се различите корективне мере. Корективне мере које су примењене након прве FMEA обухватају различите области и то:
- област пројектовања;
- област производње;
- област контроле и;
- област одржавања.

Корективне мере се примењују над ставкама које су критичне или опасне. Приоритет имају, наравно, критичне ставке.

При дефинисању корективних мера треба анализирати који аспект грешке треба поправити.

Ако је и друга оцена критична или опасна треба приступити дефинисању и спровођењу нових корективних мера и то све док оцена ставке не буде "у реду". Корективне мере се уносе у шаблон (табела 3).

Табела 3. Шаблон за унос корективних мера

Ред. бр.	Шифра	Назив дела	Потенцијална грешка	Корективна мера	R1	R2	R3	R

Пошто су спроведене све припреме за FMEA анализу које подразумевају унос корективних мера у шаблон приступило се друго FMEA анализи обртног постоља локомотиве 461 (у табели је дат шаблон најоптерећенијег склопа из прве FMEA).

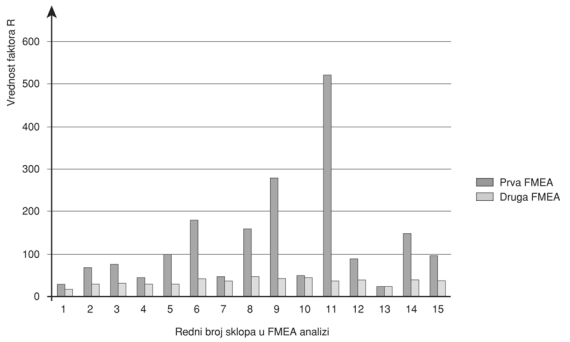
Рам обртног постоља 461001013000

Ред. бр.	**Шифра**	**Назив дела**	**Потенцијална грешка**	**Корективна мера**	**R_1**	**R_2**	**R_3**	**R**
1	461001013002	Чеони носач	Прскотине на носачу	у пројектовању у производњи у контроли	5	9	1	45
2	461001013003	Попречни носач II и III осовине	Прскотине на носачу	у пројектовању у производњи у контроли	1	9	1	9
3	461001013004	Попречни носач I и II осовине	Прскотине на носачу	у пројектовању у производњи у контроли	5	9	1	45
4	461001013005	Конзолни носач	Прскотине на носачу	у пројектовању у производњи у контроли	5	9	1	45
				Средња вредност R фактора за склоп				36

Анализирајући резултате друге FMEA обртног постоља локомотиве 461 долази се до закључка да се применом одговарајућих корективних мера може знатно да повећа поузданост испитиваног објекта. По правилу FMEA анализе корективне мере се прво примењују на критичне склопове и делове објекта истраживања, а потом на опасне.

Најкритичнији делови објекта истраживања у првој FMEA анализи су: чеони носач, попречни носач I и II осовине и конзолни носач са вредношћу фактора R од 648. Имајући у виду да су напрслине које се јављају на поменутим носачима последица како саме конструкције тако и услова експлоатације прво је примењена корективна мера у области пројектовања. На овај начин је вредност фактора R смањена са поменутих 648 на 432. Пошто је R фактор и даље критичан приступа се примени следеће корективне мере, овај пут у области производње. Након примене ове корективне мере вредност фактора R је са 432 пала на 360. С обзиром да је вредност фактора R и даље критична наставља се са применом корективних мера. Пошто се са применом прве две корективне мере утицало на фактор R1 (фактор вероватноће појаве), а собзиром да је врло мала (скоро никаква у овом случају) могућност утицаја на фактор R2 (фактор утицаја грешке на склоп), приступа се примени корективне мере у области контроле чиме се утиче на вредност фактора R3 (фактор откривања). Након примене крајње корективне мере вредност фактора R је са 360 пала на 45, што поменуте најкритичније делове сврстава у групу делова који су у реду. На поменути начин корективне мере су примењене и на све остале критичне и опасне и делове и склопове објекта истраживања.

Резултате, који се добијају FMEA анализом, ради лакшег сагледавања могуће је пратити и графички. На хистограму (сл. 4) дат је упоредни приказ резултата прве и друге FMEA анализе објекта истраживања. Са хистограма се јасно уочава позитиван ефекат утицаја корективних мера на поузданост обртног постоља локомотиве 461.



Сл. 4. Хистограм упоредних резултата прве и друге FMEA

У првој FMEA најкритичнији склоп у обртном постољу био је рам обртног постоља. Применом неколико корективних мера (у пројектовању, у производњи и у контроли) на делове који чине овај склоп вредност фактора R након друге FMEA смањен је са 522 на 36.

4. ЗАКЉУЧАК

Савремени трендови теже раду машинских система без отказа за време експлоатационог времена. Да би се постигао поменути циљ целокупан проблем се сагледава са свих аспеката (конструкције, одржавања, експлоатације). Локомотиве 461 по свом просечном старосном веку спадају у системе који су ушли у трећу фазу животног циклуса. Анализирајући податке за број пређених километара локомотива долази се до податка да просечно време имобилизације износи 11.79 % на годишњем нивоу. Прорачунати проценат имобилизације је веома висок, а он за последицу има велике губитке за железнички саобраћај. Због отказа локомотива годишње се на железници не обави 601137 тона путничког или 1757384 тона теретног саобраћаја. Изнети подаци указују на огромну штету коју откази на локомотивама имају за железнички саобраћај.

У раду је применом FMEA методе (анализе узрока и последица потенцијалних грешака) детаљно обрађено обртно постоље, као најодговорнији део локомотиве. Поменутом методом применом савремених алата анализирани су сви потенцијални откази на обртном постољу и апликацијом одговарајућих корективних мера допринето је повећању његове поузданости.

Литература

[1] Др З. Милићевић, Д. Аранђеловић, В. Марјановић, Д. Пејчић; "Електричне локомотиве ЈЖ 461-100/100"; Београд, 1999. год.

[2] Др В. Стоиљковић, Др Р. Узуновић, Др В. Мајсторовић; "Q-Tools alati kvaliteta"; CIM College, Машински факултет Ниш, 1996. год.

[3] "Failure Modes and Effects Analyses (FMEA) and Critical Items List (CIL) for the ECS Project"; Hughes Applied Information Systems Upper Marlboro, Maryland, 1996. god.

[4] http://www.am.pepperl-fuchs.com/techresources/ISrefs/ /SIL_ST2_SOT2%20_V0R1_0.pdf

[5] В. Мајсторовић; "Концепт тоталног квалитета"; Машински факултет Београд, 1995. год.

[6] National Aeronautics and Space Administration,"Failure Modes and Effects Analysis", 2000, http://techreports.larc.nasa.gov/ltrs/PDF/2000/spec/NASA-2000-sp6110.pdf

RESEARCH OF BOGIE RELIABILITY AT LOCOMOTIVE SERIES 461 ACCORDING TO THE FMEA METHODS

Srđan Stojičić , Aleksandar Miltenović

Resume *- Railway vehicle bogie is a part that make a connection between railway vehicle box and railway, and it is the most important thing for dynamic characteristics as well as the riding stability of railway vehicles, and so for the general safety and security of its moving. Bogies are the most loaded vehicle's sets because they take on itself the whole mass of vehicle's box with its equipment, tractive and braking forces, as well as the whole vertical and horizontal forces made on account of moving. Following the data during the operation of locomotive series 461, it will be defined failure factors as well as the factors of influences and failure detecting. On the base of these factors, it will be analyzed the reliability of whole bogie using the FMEA methods.*

Key words: Bogie, QS9000 and ISO 9004 quality control system, FMEA method.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

KARAKTERISTIKE PRUGE ZA ISPITIVANJE DINAMIČKOG PONAŠANJA ŽELEZNIČKIH VOZILA

Goran Simić[1]

Rezime *– U radu se diskutuje o uslovima iz aktuelnih UIC propisa za karakteristike pruge pri ispitivanju dinamičkog ponašanja železničkih vozila. Polazeći od podataka o neravninama koloseka izmerenih mernim kolima JŽ, izvršena je statistička obrada podataka za oko 150km pruge na relaciji Zrenjanin - Vršac – Pančevo, saglasno UIC zahtevima. Kritički su analizirani dobijeni podaci sa tačke gledišta uslova za ispitivanje vozila. Pomoću snimljenih profila šina određena je efektivna koničnost i utvrđen nepovoljan uticaj suženja koloseka. Analizirani su i parametri koloseka bitni za iskliznuće vozila. Sugerisano je kritičko ispitivanje, poboljšanje i usklađivanje JŽ propisa o graničnom stanju koloseka sa UIC zahtevima.*

Ključne reči – železnička vozila, dinamičko ponašanje, ispitivanje, kvalitet koloseka.

1. UVOD

Zbog međunarodnog karaktera železničkog saobraćaja najveći broj vagona i lokomotiva JŽ se gradi i ispituje po UIC propisima. S druge strane, pruge se grade i održavaju po nacionalnim propisima, koji se u većoj ili manjoj meri međusobno razlikuju od zemlje do zemlje.

Kod ispitivanja dinamičkog ponašanja šinskih vozila u najvećoj meri dolazi do izražaja činjenica da vozilo i kolosek predstavljaju jedinstveni mehanički sistem. U prošlosti, to nije moglo da se uvaži u dovoljnoj meri, pa su zahtevi u pogledu karakteristika koloseka za ispitivanje bili veoma paušalni: ispitivanje dinamičkog ponašanja je trebalo vršiti na koloseku koji je u "odgovarajućem stanju" za maksimalne brzine ispitivanja. Zbog toga nije mogla da bude obezbeđena uporedivost rezultata ispitivanja različitih vozila na različitim prugama, pa čak ni istog vozila na različitim prugama.

Od uvođenja UIC-a 518 i UIC 518-1 [1,2], učinjen je suštinski korak ka preciznom definisanju karakteristika i stanja koloseka za ispitivanje. Razmotrićemo probleme koji se pri realizaciji tih zahteva pojavljuju.

2. PROBLEM MAKSIMALNIH BRZINA

Za veliku većinu voznog parka JŽ brzina od 120 km/h zadovoljava potrebe ispitivanja. Međutim, ispostavlja se da je na JŽ i za tu brzinu gotovo nemoguće striktno ispoštovati UIC zahteve u pogledu karakteristika koloseka za ispitivanje, što ćemo ilustrovati podacima u nastavku.

Ukoliko želimo da našim železnicama i šinskoj industriji obezbedimo razvoj, neophodno je da se što pre obezbedi deonica dužine bar tridesetak kilometara i za brzinu od 160 km/h. Najefikasnije i najkorisnije bi bilo da se to uradi na ravničarskoj deonici magistralne pruge sa najvećim obimom putničkog saobraćaja, npr. Stara Pazova - Zemun. To bi ujedno bio pravi test naše tehničke, tehnološke i organizacione sposobnosti da se uključimo u evropske saobraćajne tokove.

3. UTICAJ KARAKTERISTIKA MERNIH KOLA

Kolosek za dinamičko ispitivanje mora da ima definisani kvalitet. Osnovni pokazatelj za ocenu kvaliteta koloseka su vertikalne i bočne neravnine. Njihovo merenje se obavlja odgovarajućim mernim kolima. Na JŽ su to kola Plasser & Theurer tipa EM 80L.

Pri merenju neravnina koloseka merna kola predstavljaju sistem sa određenom prenosnom funkcijom. Ulazna veličina je stvarno geometrijsko stanje šina, a izlazna veličina - izmereno stanje. Prenosna funkcija mernih kola zavisi od njihovih karakteristika (rastojanje osovina, merna baza...) i od primenjenog principa merenja. Zbog toga se za istu deonicu pruge, izmerenu različitim mernim kolima, dobijaju različiti rezultati.

Tabela 1. Karakteristike mernih kola

Koeficijent K		
Merna kola	Vertikalno odstupanje	Bočno odstupanje
BR	1,14	1,20
SBB	0,91	1,47
SBB duga	1,25	-
CFR	1,40	1,95
CD	1,00	1,00
DB	1,24	1,47
FS	1,33	1,72
NS	1,00	1,00
ÖBB	1,00	1,00
PKP	0,73	0,71
RENFE	0,91	1,47
SNCF	0,91	1,47

$$\sigma_{druga-kola} = K \cdot \sigma_{NS-kola}$$

Železničke uprave koje su učestvovale u pripiremi UIC-a 518 su izvršile poređenje svojih mernih kola. Kao etalon su uzeta merna kola Holandskih železnica (NS). Merenja svih ostalih mernih kola se putem popravnih koeficijenata za vertikalne i bočne neravnine koriguju prema tabeli 1. Možemo uočiti da upoređena kola imaju popravne koeficijente od 0,7 do 1,4 za vertikalne i od 0,71 do 1,95 za bočne neravnine, što znači da se među njima rezultati merenja mogu drastično razlikovati. S obzirom da za merna kola JŽ ne znamo popravne koeficijente, ne znamo ni u kom su odnosu njihova merenja prema etalon

[1] Dr Goran simić, docent, Mašinski fakultet, Beograd, 27.marta 80, e-mail: gsimic@beotel.yu

kolima NS. Zato mora najpre da se u saradnji stručnjaka zainteresovanih za ispitivanje vozila i stručnjaka za održavanje koloseka, izvrši utvrđivanje ovih koeficijenata (i njihovo eventualno uvrštavanje u tabelu UIC-a 518). Tek nakon toga ćemo imati uporedive podatke o stanju koloseka, koje pri ispitivanjima dinamičkog ponašanja vozila možemo da koristimo na merodavan način.

Do tada, moramo da se zadovoljimo podacima takvim kakvi su, a to znači da ne znamo da li su pokazatelji kvaliteta koloseka bolji, lošiji ili jednaki onima koji bi se dobili merenjem mernim kolima NS. Pokazatelji dobijeni pri ispitivanju dinamičkog ponašanja su u tom slučaju relativizovani:

- ukoliko se prekorače granične vrednosti iz [1], jasno je da dinamičko ponašanje nije zadovoljavajuće, ali ne znamo da li je tome razlog neodgovarajuće stanje koloseka ili neodgovarajuća konstrukcija vozila.
- ukoliko su izmerene veličine ispod graničnih, nije jasno da li je to posledica dobrih dinamičkih karakteristika ispitanog vozila ili je to zbog boljeg koloseka od onog koji se preporučuje za ispitivanje.

4. KVALITET KOLOSEKA

Kvalitet koloseka za ispitivanje se, prema [1], ocenjuje samo na bazi standardnog odstupanja vertikalnih (σ_z) i bočnih (σ_y) neravnina koloseka. Kao merodavne se uzimaju neravnine u talasnom opsegu od L=3,0÷25,0 m za $V_{max} \leq 200$km/h. U tom cilju se snimljeni podaci o neravninama najpre filtriraju Batervordovim (Butterword) filtrom četvrtog reda sa graničnim frekvencama koje odgovaraju navedenim talasnim dužinama.

U tabeli 2 su date granične vrednosti za kvalitete QN1 i QN2, prema [1], a dodata je i granična vrednost za QN3, koja je definisana kao 1,3xQN2.

Najveća pojedinačna odstupanja ($\hat{z}$, $\hat{y}$) imaju informativni karakter. Samo u slučaju kada njihove vrednosti pređu granicu QN3, rezultati merenja dinamičkog ponašanja vozila na takvim elementarnim odsečcima se isključuju iz razmatranja.

Za ispitivanje se preporučuje sledeća raspodela odsečaka:

- 50% odsečaka sa kvalitetom boljim ili jednakim QN1
- 40% odsečaka sa kvalitetom između QN1 i QN2
- 10% odsečaka sa kvalitetom između QN2 i QN3

Minimalni potreban broj odsečaka pruge za ispitivanje i njihove dužine su dati u tabeli 3. Pruga se podeli u elementarne odsečke dužine od 70 do 500 m zavisno od toga da li je u pitanju pravac ili krivina određenog poluprečnika i zavisno od maksimalne brzine ispitivanja. Elementarni odsečci se ne smeju preklapati. Za svaki elementarni odsečak se izračuna standardno odstupanje neravnina, posebno za levu posebno za desnu šinu, u vertikalnom i bočnom pravcu. Na pravcu je merodavna veća od dve vrednosti dobijene na levoj i desnoj šini, a u krivinama je merodavna vrednost na spoljašnjoj šini. Pri oceni kvaliteta jednog elementarnog odsečka pruge merodavan je lošiji od dva pokazatelja za vertikalne i bočne neravnine.

Tabela2 Parametri kvaliteta koloseka

Kvalitet koloseka – granične vrednosti				
	V (km/h)	QN1 (mm)	QN2 (mm)	QN3=1,3xQN2 (mm)
Standardno odstupanje po profilu - σ_z	do 80	2,3	2,6	3,38
	preko 80 do 120	1,8	2,1	2,73
	preko 120 do 160	1,4	1,7	2,21
	prek0 160 do 200	1,2	1,5	1,95
Standardno odstupanje po pravcu - σ_y	do 80	1,5	1,8	2,34
	preko 80 do 120	1,2	1,5	1,95
	preko 120 do 160	1,0	1,3	1,69
	prek0 160 do 200	0,7	1,0	1,3
Najveće pojedinačno odstupanje po profilu - $\hat{z}$	do 80	12,0	16,0	20,8
	preko 80 do 120	8,0	12,0	15,6
	preko 120 do 160	6,0	10,0	13,0
	preko 160 do 200	5,0	9,0	11,7
Najveće pojedinačno odstupanje po pravcu - $\hat{y}$	do 80	12,0	14,0	18,2
	preko 80 do 120	8,0	10,0	13,0
	preko 120 do 160	6,0	8,0	10,4
	preko 160 do 200	5,0	7,0	9,1

Tabela 3. Podela pruge na elementarne odsečke

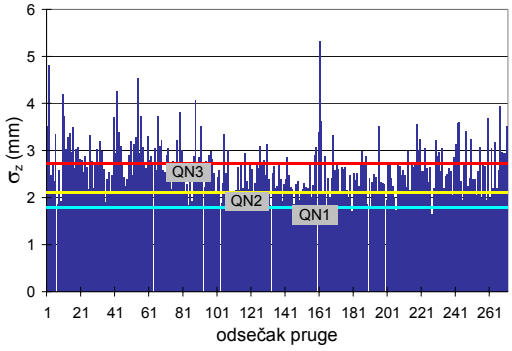
Poluprečnik krivine R (m)	Važi za brzine	Dužina elementarnog odsečka l_i (m)	Minimalni broj odsečaka	Minimalna ukupna dužina odsečaka (km)
$\infty > R \geq 2500$	$V_{max} \leq 220$ (>220)	250 (500)	40	10 (20)
$2500 > R \geq 600$	$V_{max} \leq 140$	100	100	10
	$140 < V_{max} \leq 220$	250	40	10
$600 > R \geq 450$	$80 < V \leq 120$	100	50	5
$450 > R \geq 250$	$80 < V \leq 120$	70	25	1,75
Prelazne krivine čine grupu odsečaka koja se posebno obrađuje				

Iz tabele 3 sledi da ukupna dužina različitih odsečaka za ispitivanje treba da iznosi najmanje 26,75 km. Međutim da bi se pronašli odsečci koji ispunjavaju sve zahteve, potrebno je analizirati i imati na raspolaganju daleko duže deonice pruge, što se vidi iz sledećeg primera.

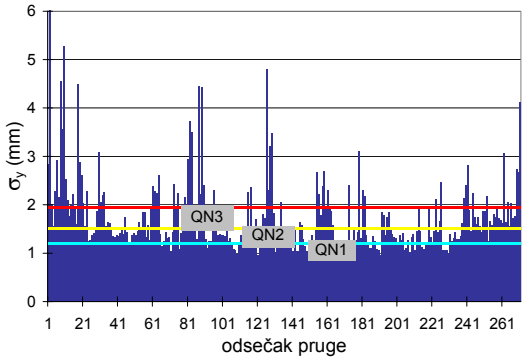
Prilikom ispitivanja rekonstruisanog šinobusa serije 812 [3], saglasno prethodnim načelima izvršena je analiza kvaliteta koloseka oko 150 km pruge Zrenjanin-Vršac-Pančevo. Kao polazni podaci poslužili su rezultati snimanja neravnina mernim kolima JŽ. Ovi podaci su prečišćeni i filtrirani prema zahtevima UIC-a 518. Celokupna posmatrana pruga je podeljena na elementarne odsečke i po opisanom postupku su izračunata standardna odstupanja i najveća pojedinačna odstupanja po odsečcima.

Za deonicu Zrenjanin fabrika-Vršac je utvrđeno da je svih 326 analiziranih elementarnih odsečaka iznad granice QN3, pa ta deonica nije pogodna za ispitivanje dinamičkog ponašanja i ovde je nećemo ni prikazivati.

Deonica Pančevo glavna-Vršac je, na svom najvećem delu, po redu vožnje predviđena za 100 km/h, što bi s obzirom na maksimalnu brzinu šinobusa od 90 km/h trebalo da bude dodvoljno za ispitivanje sa V_{max}+10 km/h. Dobijeni histogrami standardnih odstupanja po profilu (σ_z) i po pravcu (σ_y) po elementarnim odsečcima su prikazani na na slikama 2 i 3.



Slika 2



Slika 3

Na grafičkim prikazima su unete i granice za kvalitete QN1, QN2 i QN3=1,3xQN2. Korišćene oznake su:

$\sigma_{yi} = \sqrt{\frac{1}{L_i}\int_0^{L_i}\left[y(x)-\bar{y}_i\right]^2 dx}$ – standardno odstupanje po pravcu na i-tom elementarnom odsečku pruge

L_i – dužina posmatranog i - tog elementarnog odsečka pruge

$\bar{y}_i = \frac{1}{L_i}\int_0^{L_i} y(x)dx$ - srednja vrednost odstupanja po pravcu na i-tom elementarnom odsečku

$\sigma_{zi} = \sqrt{\frac{1}{L_i}\int_0^{L_i}\left[z(x)-\bar{z}_i\right]^2 dx}$ - standardno odstupanje po profilu

$\bar{z}_i = \frac{1}{L_i}\int_0^{L_i} z(x)dx$ - srednja vrednost odstupanja po profilu na i-tom elementarnom odsečku pruge

$\hat{y}$ - maksimalno pojedinačno odstupanje po pravcu

$\hat{z}$ - maksimalno pojedinačno odstupanje po profilu

Prema merodavnim pokazateljima po [1] posmatrana relacija Pančevo-Vršac (oko 68km), od ukupno 256 elementarnih odsečaka ima :

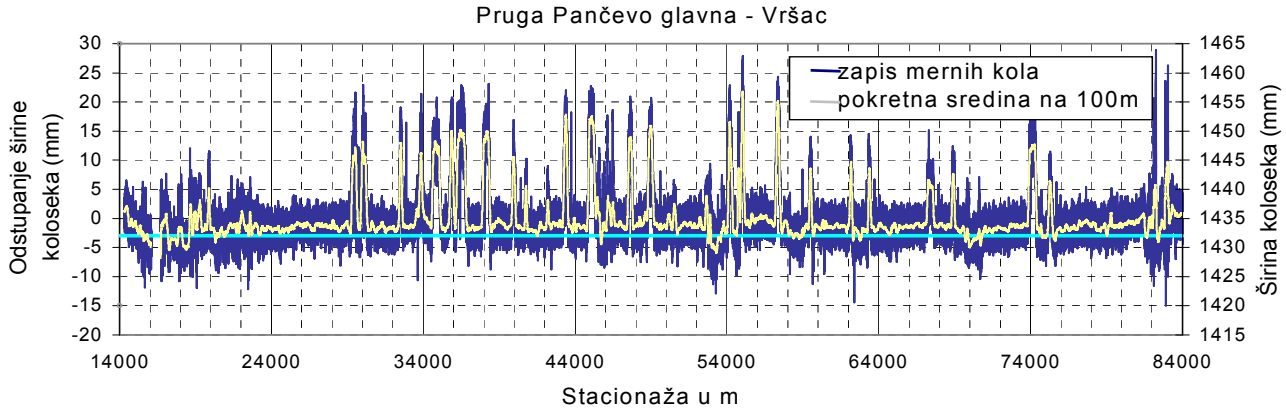
- 4 ili 1,5% elementarnih odsečaka kvaliteta QN1 (onih u kojima je istovremeno i σ_y i σ_z tom kvalitetu) - preporučeno 50%
- 15 ili 5,5% odsečka kvaliteta između QN1 i QN2 - preporučeno 40%
- 124 ili 45,8% odsečaka kvaliteta između QN2 i QN3 - preporučeno 10%
- 128 ili 47,2% odsečaka kvaliteta iznad granice QN3 - nije preporučeno da se koristi za ispitivanje po UIC 518
- 28 ili 10,7% odsečaka imaju pojedinačna odstupanja ($\hat{y}$ ili $\hat{z}$) iznad granice QN3 pa takvi odsečci treba da se isključe iz razmatranja pri oceni bezbednosti kretanja i kvaliteta hoda.

Kao što se vidi, ako se merenja neravnina mernim kolima JŽ, imajući u vidu ono što je rečeno u tački 3 smatraju merodavnim i na njih se primene kriterijumi UIC 518, na posmatranoj pruzi se ni izbliza ne mogu naći preporučeni uslovi za ispitivanje. Pri tome je u pitanju samo zadovoljenje kriterijuma kvaliteta koloseka (tj. neravnina). U nastavku ćemo videti da je nalaženje odgovarajućih odsečaka još teže, zbog potrebe zadovoljenja i drugih uslova.

5. ŠIRINA KOLOSEKA

Šrina koloseka ne spada u parametre kojima se ocenjuje kvalitet koloseka za ispitivanje dinamičkih karakteristika železničkih vozila, ali ima indirektan uticaj na ekvivalentnu koničnost dodira točak-šina, pa time i na dinamičko ponašanje. Sužen kolosek na pravcu utiče na znatno povećanje ekvivalentne koničnosti, što vodi intenzivnijem vijuganju vozila i porastu bočnih sila. Zbog toga se zahteva da pruga za ispitivanje uključuje i deonice na pravcu sa smanjenom širinom koloseka, na kojima se može voziti maksimalnom brzinom za ispitivanje. Konkretno, za V≤140 m/h moraju postojati odsečci koji na dužini od 100m imaju srednju širinu koloseka od 1432mm, a za brzine do 200 km/h - širine 1433mm. Pri tome se mogu izostaviti iz razmatranja odsečci na kojima je ekvivalentna koničnost veća od 0,5 pri brzinama ispitivanja do 140 km/h, odnosno 0,4 za 140< V ≤ 200km/h.

Na slici 4 je prikazan zapis odstupanja širine koloseka dobijen mernim kolima JŽ za posmatranu relaciju



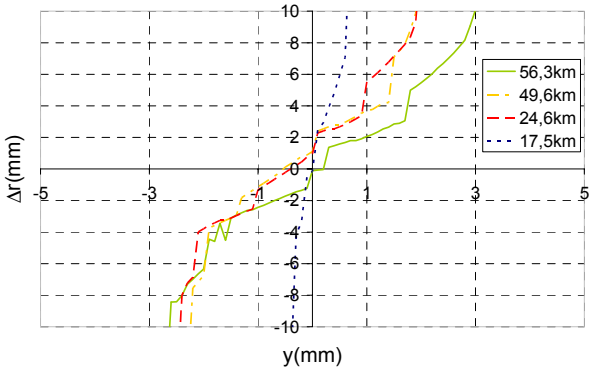
Slika 4. Širina koloseka

Pančevo glavna – Vršac, kao i pokretna sredina širine koloseka na dužini od 100m. Uočavaju se proširenja koloseka koja su vezana isključivo za krivine. Na pravcima se na više mesta uočavaju znatna lokalna suženja koloseka, čak i ispod 1425mm na dužinama do 2 m. Srednja širina na dužini od 100m (svetlija linija na slici 4) na više mesta zadovoljava UIC zahtev o minimalnoj vrednosti od 1432mm. U cilju dobijanja podataka o ekvivalentnoj koničnosti, na više mesta duž koloseka su profilografom PGS (slika 5) snimljeni profili šina. Na osnovu snimljenih profila, pomoću odgovarajućeg softvera [6] su određene funkcije Δr (razlika poluprečnika kotrljanja levog i desnog točka u funkciji bočnog pomeranja osovinskog sklopa u koloseku). Na slici 6 su predstavljene četiri karakteristične krive dobijene na mestima gde je izmerena širina koloseka od 1427,5 do 1431mm, dakle ispod zahtevane minimalne

Slika 5.Profilograf

vrednosti od 1432mm. Ekvivalentna koničnost je na sva četiri mesta veća od 1,5 pre svega kao posledica suženog koloseka. Ovo je znatno iznad granične vrednosti 0,5 po [1], pa se dobar deo posmatrane deonice može isključiti iz razmatranja, ukoliko se dobiju nepovoljne vrednosti pri ispitivanju dinamičkog ponašanja vozila. Time se dodatno smanjuje broj raspoloživih deonica za ispitivanje.

Napomenimo da se ovaj problem u razvijenim zemljama uspešno rešava odgovarajućim brušenjem šina, pošto je suženje koloseka na pravcu najčešće posledica tečenja materijala preko unutrašnjih ivica šina tokom eksploatacije.



Slika 6. Δr funkcije

6. NEDOSTATAK NADVIŠENJA

Pri ispitivanju na odsečcima u krivinama, moraju se zadovoljiti uslovi [1] u pogledu nedostatka nadvišenja-h prikazani za kategorije vozila od interesa za JŽ u tabeli 4 [1]. U tabeli su dati i podaci o odgovarajućim vrednostima neponištenog bočnog ubrzanja – a_n u ravni GIŠ-a preko veze sa nedostatkom nadvišenja - h :

$$a_n = \frac{h}{2b_o} \cdot g \quad \text{, gde je:}$$

$2b_o = 1500mm$ – nominalno rastojanje krugova kotrljanja
$g = 9,81\ m/s^2$ – ubrzanje zemljine teže

Pri određivanju brzina V(km/h) kroz krivine u funkciji poluprečnika R (m) i nadvišenja spoljašnje šine u krivini h_n (mm), na JŽ se prema [4] koriste izrazi:

Normalna brzina: $V = \sqrt{\frac{R}{8,75}(h_n + 35)}$ (1)

Maksimalna brzina: $V = \sqrt{\frac{R}{8,40}(h_n + 39)}$ (2)

Izuzetna brzina: $V = \sqrt{\frac{R}{8,10}(h_n + 42)}$ (3)

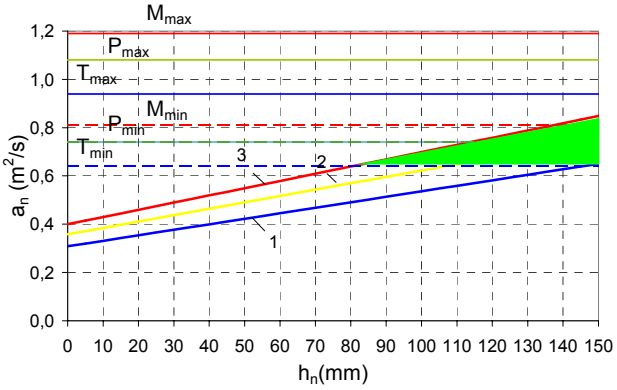
Kada se izračunaju neponištena bočna ubrzanja u ravni GIŠ-a koja odgovaraju ovim izrazima vidi se da prvi izraz odgovara vrednostima od 0,31 do 0,65 m/s^2, drugi 0,36 do 0,76 m/s^2 i treći od 0,40 do 0,85m/s^2 (slika 7, odgovarajuće krive 1, 2 i 3).

Tabela 4. Potrebni nedostaci nadvišenja

Vrsta vozila	Važi za V (km/h)	Zahtevani raspon nedostatka nadvišenja h (mm)	Odgovarajuće neponišteno bočno ubrzanje u ravni GIŠ-a a_n(m/s^2)
Klasični teretni vagoni	do 120	97,5 do 143	0,64 do 0,94
Klasični putnički vagoni	do 230	112,5 do 165	0,74 do 1,08
Motorni vozovi, motorna kola	do 160	123,7 do 181,5	0,81 do 1,19

Na slici su unete i granične vrednosti iz tabele 4 koje se zahtevaju pri ispitivanju vozila (T-teretni, P-putnički, M-motorni vozovi). Osenčeni deo na slici 5 predstavlja raspoloživu oblast za ispitivanje teretnih kola, ako se ne prelazi izuzetna brzina prema [4]. Za ispitivanje putničkih kola i motornih vozova, kao što se može videti, je ta oblast još manja. Maksimalne zahtevane vrednosti (koje su pri ispitivanjima obavezne u 10% odsečaka u krivinama) se poštovanjem JŽ pravilnika ne mogu postići ni za teretna kola.

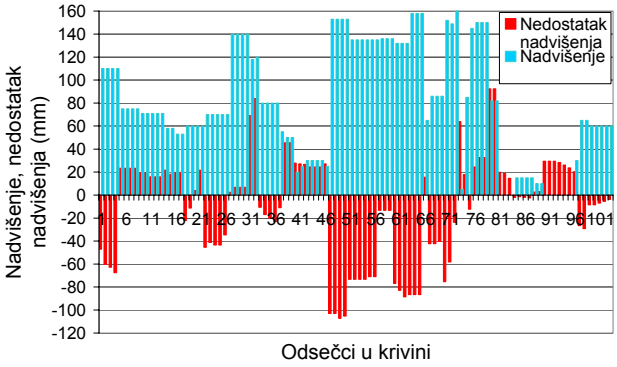
Da bi se dostigle potrebne vrednosti neponištenog bočnog ubrzanja (odnosno, nedostatka nadvišenja), potrebno je kroz krivine voziti brzinama znatno iznad onih koje predviđa pravilnik JŽ. To bi, zbog povećanih bočnih sila zahtevalo posebnu opreznost i višestruki prolaz kroz svaku krivinu, sa postepenim porastom brzine, što bi veoma povećalo i onako veliki obim ispitivanja. Možemo zaključiti da navedene zahteve na našim prugama uz poštovanje postojećih normi na JŽ nije moguće ispuniti.



Slika 7. Moguća i potrebna neponištena ubrzanja

Ovo se takođe može ilustrovati primerom sa ispitivanja [3]. Na slici 8 su predstavljeni stvarno postignuti nedostaci nadvišenja u krivinama i izvedena nadvišenja spoljašnje šine izmerena mernim kolima JŽ, zbirno za 103 merna odsečka u krivinama različitih poluprečnika. Uprkos činjenici da je pri ispitivanju voženo brzinama i do 20% iznad brzina po redu vožnje, kroz gotovo 50% odsečaka je ostvaren čak višak nadvišenja (negativne vrednosti na slici 8)! Ni u jednoj krivini nedostatak nadvišenja nije prešao ni minimalnu zahtevanu vrednost za motorne vozove (123,7mm).

Prvi korak da se ovaj problem reši je razmatranje zbog čega se navedeni izrazi (1), (2) i (3) za brzine baziraju na najvećem neponištenom ubrzanju samo pri maksimalnom nadvišenju od 150mm, a pri svim manjim nadvišenjima su odgovarajuća neponištena ubrzanja manja. Ukoliko ne postoje jasni razlozi za to, trebalo bi pri svim nadvišenjima brzine određivati na osnovu istih vrednosti neponištenog bočnog ubrzanja.



Slika 8. Ostvareni nedostaci nadvišenja

Primer pokazuje da je na našim prugama uobičajeno da se po redu vožnje vozi još manjim brzinama od onih definisanih izrazima (1) do (3). Razlozi za to su razna ograničenja brzine zbog odstupanja geometrijskih parametara koloseka van dopuštenih granica (vertikalne ili bočne neravnine, odstupanja nadvišenja, odstupanja strelice krivine, greške u prelaznim krivinama itd.) Pošto je nadvišenje samo jedan od parametara koji utiču na određivanje brzine u krivinama, potrebno je sve parametre koloseka uskladiti. U protivnom, velika nadvišenja postaju nepotrebna i kontraproduktivna (viškovi nadvišenja od preko 100mm - vidi sliku 7).

Napomenimo ovde da nadvišenje koloseka ima značajan aspekt kod sigurnosti od iskliznuća, zbog uticaja na rasterećenje spoljašnjih točkova u krivini pri kretanju malom brzinom. Što je poluprečnik manji, sile vođenja su veće, pa kombinacija rasterećenja točkova i veće sile vođenja povećava verovatnoću iskliznuća.

Zato sigurnost od iskliznuća zahteva da maksimalno nadvišenje bude ograničeno u funkciji poluprečnika krivine prema sledećem izrazu [5]:

$$h_{nmax}\,(mm) = min\,(150,\ \frac{R(m) - 100}{2}) \qquad (4)$$

Ovo je gornja granična vrednost za održavanje. Merodavne su vrednosti nadvišenja prisutne na dužini $L \geq 2m$. Ako se pređe granica (4), moraju se primeniti posebne mere za smanjenje opasnosti od iskliznuća, ili se nadvišenje mora svesti u dozvoljene granice.

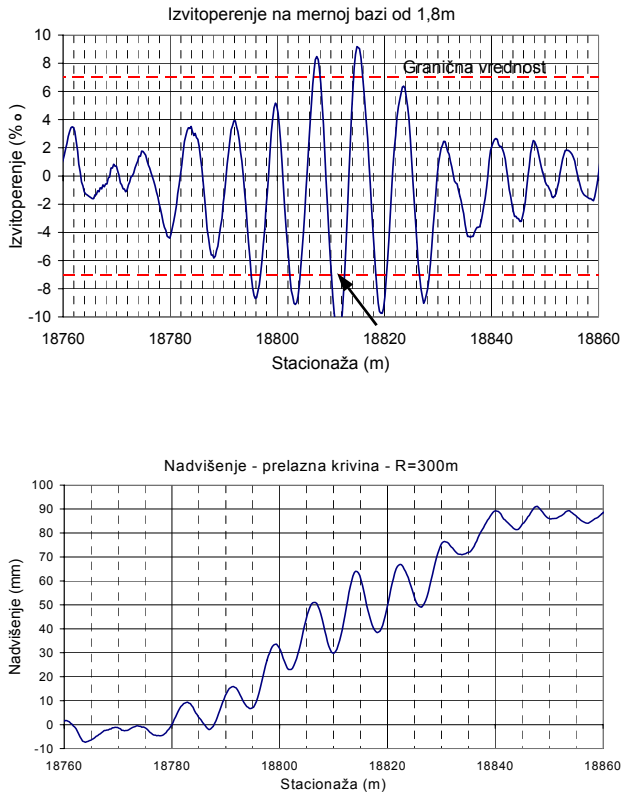
Iz izraza (4) sledi da se maksimalno nadvišenje od 150mm sme primeniti samo u krivinama poluprečnika 400m i više, u krivini poluprečnika 250 m sme iznositi najviše 75mm, a pri R=300m, 100mm. Na JŽ je međutim dozvoljeno nadvišenje za R=300m je 150mm, a za R=250m 95mm, sa tolerancijom ±10mm za V<80km/h odnosno ±8mm za 80km/h ≤ V ≤ 100km/h [4]. Pri tome JŽ ne definiše dužinu na kojoj se ta odstupanja smeju pojaviti, što stvara uslove za velike vrednosti izvitoperenja koloseka.

7. IZVITOPERENJE KOLOSEKA

Izvitoperenje je takođe bitan činilac za sigurnost od iskliznuća, jer znatno doprinosi rasterećenju dijagonalnih točkova. Posebno je kritična kombinacija sa prethodno pomenutim parametrima (nadvišenje, mali poluprečnik krivine, mala brzina kretanja). Najveće izvitoperenje se po pravilu javlja u prelaznim krivinama, gde se planska vitopernost koloseka, zbog postepenog uvođenja nadvišenja, superponira sa slučajnim deformacijama. Izvitoperenje g zavisi od merne baze i mora se ograničiti prema izrazu [5]:

$$g_{lim}(‰) = min(7‰ \ , \frac{20}{a} + 3{,}0) \qquad (5)$$

gde je a(m) merna baza.



Slika 9. Izvitoperenje i nadvišenje

Merodavno je izvitoperenje prisutno na dužini L ≥ 2m. Posmatraju se merne baze od 1,3 do 20m. Prema (5), za sve merne baze ispod 5m, maksimalno dozvoljeno izvitoperenje je 7‰, a za veće merne baze opada. Propisi JŽ [4] ne definišu izvitoperenje u funkciji merne baze.

Za navedenu relaciju su na osnovu podataka dobijenih mernim kolima izračunata izvitoperenja za baze od 1,8 2,5 6 9 12 15 i 18m. Analiza pokazuje da su izvitoperenja na manjim mernim bazama kritičnija od izvitoperenja na dugim mernim bazama.

Na više mesta se za baze ispod 3m dobija prekoračenje vrednosti datih izrazom (5), ali je većina njih na dužini manjoj od 2m. Na slici 9 je prikazan jedan slučaj prekoračenja izvitoperenja na dužini većoj od 2m (označeno strelicom). Na donjem delu slike 9 je dato odgovarajuće nadvišenje. Reč je o prelaznoj krivini (R=300m). Nominalni nagib prelazne rampe je 1:666 (1,5 ‰) što je u granicama JŽ normi [4]. Međutim, neravnomernost nadvišenja dovodi do velikog izvitoperenja merenog na kratkim mernim bazama.

Ovo je primer nepovoljne kombinacije parametara, gde u slučaju lagane vožnje, prazni vagoni sa krutim vođenjem osovina imaju znatno uvećanu verovatnoću iskliznuća. Očigledno je da i u pogledu načina merenja i ograničenja maksimalno dopuštenih izvitoperenja postojeće norme na JŽ treba da budu preispitane.

8. ZAKLJUČAK

Izloženi problemi ukazuju da je nephodna saradnja stručnjaka za razvoj i ispitivanje železničkih vozila i stručnjaka za održavanje i projektovanje gornjeg stroja pruga u cilju kritičkog preispitivanja, poboljšanja i usklađivanja sa UIC zahtevima odgovarajućeg dela propisa JŽ, koji se odnose na dozvoljena stanja koloseka. U okviru toga nephodno je sprovesti i postupak etaloniranja mernih kola JŽ.

LITERATURA

[1] UIC 518, "Fahrtechnische Prüfung und Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen-Fahrsichrheit, Fahrwegbeanspruchung und fahrverhalten", 2.Ausgabe, Januar 2003.
[2] UIC 518-1, "Supplement to UIC Leaflet 518", 1st edition, May 2004.
[3] Simić, G. i dr., "Izveštaj o ispitivanju dinamičkog ponašanja šinobusa serije 812/814, Br. 13.04-40-2004", IKS - Mašinski fakultet Beograd, 2004.
[4] "Pravilnik 314 o održavanju gornjeg stroja pruga Jugoslovenskih železnica", II doštampano izd., ZJŽ 1996.
[5] ORE B55, "Sicherheit gegen Entgleisen in Gleisvervindungen", Rp. 8, Schlussbericht, Utrecht 1983.
[6] Simić, G., "Istraživanje realne geometrije dodira točak-šina i njenog uticaja na kretanje šinskih vozila i na habanje sistema točak-šina", Doktorska disertacija, Mašinski fakultet Beograd 1997.

TRACK CHARACTERISTICS FOR DYNAMICAL TESTING OF RAILWAY VEHICLES

Goran Simić

Abstract *– The actual UIC regulations of track characteristics for dynamical testing of railway vehicles are discussed. The irregularities data of about 150km of track Zrenjanin-Vršac-Pančevo, acquired with JŽ measuring car, are statistically processed, according to UIC demands. The results are analyzed from the vehicle dynamical testing point of view. With captured rail profiles, equivalent conicity is calculated, and unfavorable influence of narrowed track gauge is identified. The derailment safety track parameters are discussed also. Some changes of JŽ regulation for track conditions are suggested.*

Key words – railway vehicles, dynamical testing, track quality.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04
2004

KONTROLA KVALITETA U ODRŽAVANJU ŽELEZNIČKIH VOZILA

Nebojša Stoiljković [1], Dušan Stamenković [2], Goran Radenković [3], Srđan Radenković [4], Dušan Tonić [5]

Apstrakt: *U okviru održavanja železničkih vozila sprovode se brojna merenja i ispitivanja koja imaju za cilj utvrđivanje ispravnosti sastavnih delova vozila. Ta merenja su uglavnom definisana železničkim i opštim tehničkim propisima. Da bi se unapredio kvalitet merenja vrši se akreditacija laboratorija. Preduslov za akreditaciju laboratorija prema standardu JUS 17025 je uvodjenje sistema menadžmenta kvalitetom JUS/ISO 9000 i JUS/ISO 9001. U ovaj proces su intenzivno uključeni instituti i univerziteti. Kontrola kvaliteta u oblasti održavanju železničkih vozila može da se unapredi saradnjom železnice, industrije, instituta i univerziteta zajedničkim angažovanjem u procesu akreditacije laboratorija.*

Ključne reči: kontrola kvaliteta, održavanje, železnička vozila, akreditacija

1. UVOD

U okviru održavanja železničkih vozila sprovode se brojna merenja i ispitivanja koja su predviđena železničkim propisima, ali je potrebno da se ona preispitaju i inoviraju u skladu sa razvojem i primenom savremenih tehničkih rešenja u železničkom saobraćaju.

Osnovna delatnost fabrike MIN AD "Lokomotiva" je remont lokomotiva za potrebe železnice i u okviru toga je neophodno razviti i utvrditi brojne tehnološke postupke koji podrazumevaju prvenstveno demontažu, montažu i ispitivanja. S obzirom na kompleksnost proizvoda lokomotive nije svrsishodno i ekonomski isplativo da se u fabrici detaljno razrađuju i sprovode svi tehnološki postupci i ispitivanja već da se za pojedine specifične postupke i ispitivanja angažuju druge specijalizovane firme. U tom smislu se pojedina periodična ispitivanja i atestiranja fabričkih mernih uređaja sprovode na Mašinskom fakultetu u Nišu. Ali isto tako, pošto su u fabrici osvojeni mnogi postupci kontrole i ispitivanja, sasvim je opravdano da se takve specijalizovane visoko stručne usluge pružaju i trećim licima odnosno korisnicima van železničkog programa. Međutim, poslednjih godina u cilju obezbeđenja kvaliteta, železnica i drugi korisnici postavljaju zahtev da se merenja obavljaju u akreditovanim institucijama. Ovo upućuje na zaključak da je svrsishodno integralno delovanje železničke industrije i univerziteta/instituta u ovoj oblasti.

Institut za mašinstvo Mašinskog fakulteta u Nišu je izvršio akreditaciju svojih laboratorija i time stekao kompetentnost za specificirano ispitivanje odnosno etaloniranje.

Saradnjom i zajedničkim aktivnostima Mašinskog fakulteta u Nišu i fabrike MIN AD "Lokomotiva" može se akreditovati laboratorija za merenje i ispitivanje uređaja železničkih vozila čime bi se obezbedio viši nivo kontrole kvaliteta u procesu remonta.

2. KONTROLA KVALITETA U PROCESU REMONTA ŽELEZNIČKIH VOZILA

Osnovni postupci u opravci odnosno remontu železničkih vozila su:

- prijem vozila za opravku
- razgradnja sklopova sa vozila
- demontaža sastavnih delova sklopova
- čišćenje i pranje delova
- utvrđivanje ispravnosti (defektaža) delova
- opravka delova
- montaža sastavnih delova sklopova (sa novim ili opravljenim starim delovima)
- ispitivanje sklopova
- ugradnja sklopova u vozilo
- ispitivanje vozila
- predaja vozila.

U okviru remonta železničkih vozila, utvrđivanje ispravnosti (defektaža) sastavnih delova sklopova obuhvata brojne postupke merenja i kontrole koji za cilj imaju utvrđivanje ispravnosti delova odnosno utvrđivanje koliko oni, posle određenog perioda eksploatacije, odgovaraju konstruktivnim i eksploatacionim zahtevima. Tu spadaju vizuelni pregled, merenje geometrijskih mera, postupci utvrđivanja površinskih i dubinskih defekata (kapilarna ispitivanja tj. penetrantima, magnetna i ultrazvučna ispitivanja), merenje hrapavosti površina, merenje tvrdoće površina, ispitivanje krutosti opruga, merenje omskog otpora namotaja električnih uređaja (elektromotora, transformatora, prigušnica, itd.), otpora izolacije, visokonaponsko ispitivanje itd.

Pojedina merenja se obavljaju u toku procesa montaže delova, kao što je to slučaj sa merenjem sile napresavanja točkova na osovine.

Nakon montaže sklopova sa opravljenim i zamenjenim oštećenim delovima obavlja se ispitivanje funkcionalnosti sklopova na specijalno izrađenim probnim stolovima. Takva su ispitivanja pneumatskih uređaja (manometri, ventili, regulatori pritiska, kočni cilindri), ispitivanje funkcionalnosti

[1] Nebojša Stoiljković dipl.inž.elteh. MIN AD Lokomotiva
[2] dr Dušan Stamenković, docent; Mašinski fakultet Niš
[3] dr Goran Radenković, docent; Mašinski fakultet Niš
[4] Srđan Radenković dipl.maš.inž. MIN AD Lokomotiva
[5] Dušan Tonić dipl.maš.inž. MIN AD Lokomotiva

električnih uređaja (kontaktori, transformatori, i sl.), ispitivanje brizgaljki, pumpi i sl. Pored ovih, tu spadaju i kompleksna ispitivanja funkcionisanja sklopova kao što su ispitivanje kompresora, dizel motora, električnih generatora i vučnih elektromotora.

Posle ugradnje svih sklopova u vozilo i njihovog povezivanja sledi ispitivanje kompletnog vozila. Ovo ispitivanje obuhvata brojna merenja u mestu kao i ispitivanje u vožnji. Sva navedena ispitivanja imaju za cilj da posle izvršene opravke vozilo pouzdano funkcioniše u eksploataciji.

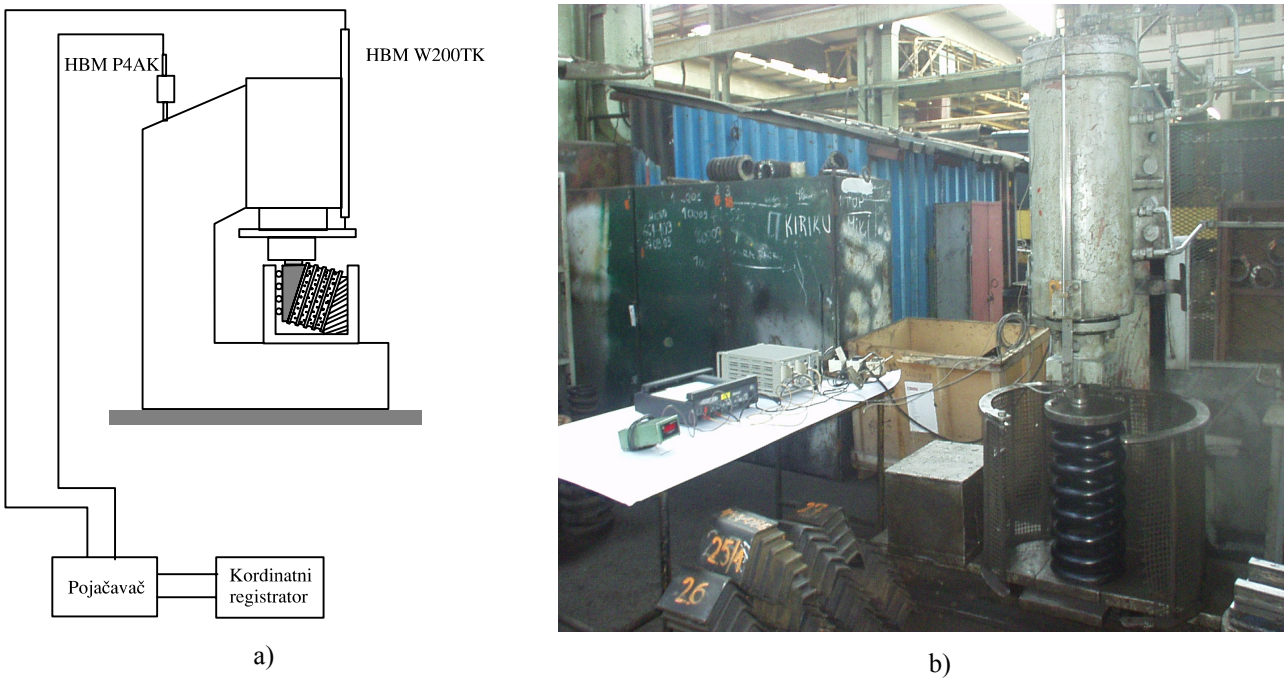
Nadalje će biti izloženi primeri ispitivanja koja se obavljaju u MIN AD "Lokomotiva" u okviru investicionih opravaka električnih i dizel lokomotiva.

2.1. Ispitivanje krutosti opruga

Ispitivanje krutosti opruga obavlja se u fabrici MIN AD "Lokomotiva" u okviru defektaže tj. utvrđivanja ispravnosti razgrađenih delova sa vozila. Za mirnoću hoda i stabilnost u vožnji značajna karakteristika je krutost odnosno elastičnost ogibljenja.

Merenje krutosti opruge svodi se na snimanje dijagrama sila-hod (F-S dijagram) tokom opterećivanja i rasterećivanja opruge. Ovde se koristi metoda merenja mehaničkih veličina električnim putem. Ovo merno mesto je realizovano uz pomoć stručnjaka sa Mašinskog fakulteta iz Niša u okviru projekta uvođenja metode merenja mehaničkih veličina električnim putem koji je sproveden 1991. godine.

Na slici 1 a) dat je šematski prikaz mernog mesta za merenje krutosti gumenometalnih elemenata a na slici 1 b) realni izgled mernog mesta za ispitivanja karakteristika spiralnih opruga.



Slika 1 Merno mesta za ispitivanje karakteristika elemenata ogibljenja: a) šematski prikaz mernog mesta za merenje krutosti gumenometalnih elemenata b) realni izgled mernog mesta za ispitivanja karakteristika spiralnih opruga

2.2. Dinamičko balansiranje

S obzirom da u lokomotivi postoji veliki broj elektromotora, ventilatora, prirubnica, i drugih rotirajućih elemenata, značajno je da oni budu dinamički uravnoteženi. U okviru glavnih i srednjih opravaka lokomotiva obavezno se vrši dinamičko uravnoteženje ovakvih delova.

Stara mašina za uravnoteženje Gisholt 5000 osavremenjena elektronskim uređajem Schenck CAB - 700 nalazi se u pogonu za reparaturu električne opreme fabrike "Lokomotiva". Ova mašina omogućava dinamičko uravnoteženje predmeta veličina od 2,27 kg do 2272 kg u prečniku do 1828 mm i dužine predmeta 4876 mm (između oslonaca). Prečnici rukavca predmeta mogu biti od 25,4 mm do 177,8 mm. Ovakva mašina je po svojim karakteristikama veoma specifična i jedina je u ovom kraju Srbije.

Izbor i ugradnju moderne elektronske merne opreme izvršili su stručnjaci Mašinskog fakulteta 2000. godine. Ova oprema omogućava i štampanje zapisa izmerenih podataka kao svojevrsnog dokumenta o stanju uravnoteženosti. U redovnom procesu remonta na ovoj mašini se uravnotežavaju rotori vučnih motora, ventilatorska kola za hlađenje blokova vuče, transformatora, blokova elektrodinamičke kočnice elektro lokomotiva serije 441 i 461. Takođe se uravnotežava i ventilatorsko kolo hladnjaka i ventilatorsko kolo glavnog generatora dizelelektrične lokomotive serije 661 kao i veliki broj ostalih delova koji zahtevaju uravnoteženje.

Pored velikog broja elemenata koji se uravnotežava za železnički program, AD “Lokomotiva” pruža usluge uravnoteženja delova najraznovrsnijih primena.

Na slici 2 prikazano je radno mesto za dinamičko uravnoteženje sa elektronskom mernim uređajem Schenck CAB – 700 u prvom planu.

Slika 2 Postrojenje za dinamičko uravnoteženje

2.3. Ispitivanje stanja ležajeva

U AD "Lokomotiva" moguće je dijagnosticirati stanje mašine ili nekog sklopa bez razgradnje. Ovo se radi merenjem: vibracija, zagrevanja pokretnih delova, broja obrtaja i proverom stanja ležajeva SPM (Shock Pulse Method) metodom.

Mobilni uređaja SPM tip T-30 obezbeđuje:

- Merenje vibracija (u mm/s) u opsegu od 0,1 do 99,9 mm/s sa rezolucijom od 0,1 mm/s (frekvrentni opseg 3 - 1000 Hz)
- Merenje temperature (površinsko ili sa potapanjem sonde) u opsegu od -20ºC do 350ºC sa rezolucijom od 1ºC
- Merenje stanja ležajeva - udarno impulsnom metodom sa mernim opsegom od -9 do 99 dBsv i rezolucijom od 1 dBsv
- Merenje broja obrtaja (optički, frikciono) u opsegu od 0 do 19999 o/min sa rezolucijom od 1 o/min

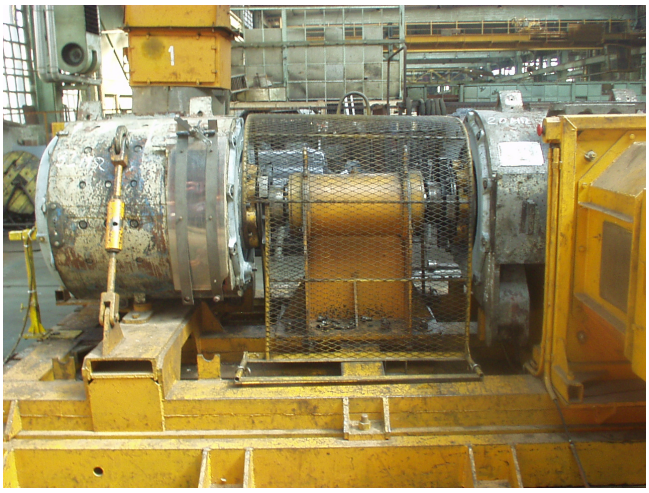
Uređaj SPM T-30 je postao nezamenljiv u procesu kontrole ispravnosti mnogih lokomotivskih sklopova, koji se opravljaju u AD "Lokomotiva", i na taj način su prevaziđeni do tada primenjivani manuelni posupci kontrole. Na slici 3 je prikazano merenje stanja ležajeva na elektromotoru upotrebom uređaja SPM T-30 u pogonu fabrike AD "Lokomotiva".

2.4. Ispitna stanica za električne uređaje

Kompleksna ispitivanja električnih uređaja lokomotiva obavljaju se u ispitnoj stanici koja je locirana u odeljenju remonta rotacionih električnih mašina fabrike MIN AD"Lokomtiva" (slika 4). Tu se vrše ispitivanja:

- Vučnih motora pod opterećenjem
- Asihronih motora 3x380V 50Hz pod opterećenjem
- Blokova vuče (diodnih ispravljača) pod opterećenjem
- Asihronog pretvarača faza u praznom hodu i pod opterećenjem

Slika 3 Utvrđivanje stanja ležajeva primenom uređaja SPM T-30



Slika 4 Ispitna stanica za električne uređaje

Vučni motori jednosmerne struje snage do 1MW, ispituju se pod punim opterećenjem metodom uzajamnog opterećenja dva vučna motora spregnuta mehanički i električno od kojih jedan radi u motornom a drugi u generatorskom režimu i obrnuto.

Ispitna stanica je osposobljena za ispitivanje vučnih motora elektičnih lokomotiva serije 441 i 461.

Postojeća ispitna stanica može da se prilagodi za ispitivanje vučnih motora lokomotiva serije 443, 661, 645, 664, 666, tramvaja, trolejbusa i drugih vozila.

Pored toga, uz izvesnu dogradnju može se vršiti ispitivanje osovinskih sklopova lokomotiva sa reduktorima pod punim opterećenjem.

Na vučnim motorima vrše se ispitivanja u sledećim režimima:

- jednosatno opterećenje (U=770V, I=1250A, Ip=87%Ia)
- maksimalno opterećenje
- dinamička neutralna zona
- komutacija kolektorskog sklopa-ogled komutacije
- karakteristika brzine u funkciji opterećenja (n=*f*(I) pri U=770V, Ip=45%Ia)
- uparivanje vučnih motora

Asihroni motori 3x380V 50Hz ispituju se pod punim opterećenjem sa ugrađenim ventilatorskim kolima i difuzorima za električne lokomotive serije 441 i 461.

Na kompletiranim ventilacionim agregatima proveravaju se karakteristike kao što su struja, napon i vibracije.

Blokovi vuče (diodni ispravljači) električnih lokomotiva serije 441 i 461 ispituju se pod punim opterećenjem od 1715A i punim ispitnim naponom od 870V odnosno 5kV.

Asihroni pretvarač faza može se ispitati u praznom hodu i pod opterećenjem pri čemu se mere strujno naponske veličine, vibracije, broj obrtaja i drugo.

2.5. Ispitivanje funkcionalnosti pneumatskih kočnica

Automatski merni sistem VAKO-TESTER VK 10A za testiranje, merenje i registrovanje funkcionalnih kartakteristika vazdušnih kočnica železničkih vozila je realizovan u Laboratoriji za procesnu mernu tehniku Instituta Elektonskog fakulteta u Nišu, u saradnji sa Mašinskim fakultetom u Nišu i MIN AD "Lokomotiva". Primenom ovog uređaja izbačen je iz upotrebe stari mehanički uređaj sa burdonovom cevi i tako je značajno povećana preciznost i pouzdanost ispitivanja pneumatskog sistema na lokomotivama.

VAKO-TESTER VK 10A (slika 5) je savremeno projektovan merni sistem koji sadrži odgovarajuće merne pretvarače pritiska, elektronske blokove za obradu mernih signala i indikaciju, mikroprocesorsku računsku jedinicu, grafički štampač i blok automatskog napajanja celog uređaja. Automatski rad uređaja omogućava namenski razvijen i ugrađen softver koji upravlja svim programima merenja (12+1), izračunava sve funkcionalne parametre kočenja, obavlja postupke registrovanja i ostvaruje komunikaciju sa eventualnim drugim spoljnim računskim uređajima.

Slika 5 Mobilni dvokanalni uređaj za ispitivanje ispravnosti vazdušnih kočnica lokomotiva

3. AKREDITACIJA LABORATORIJA MAŠINSKOG FAKULTETA U NIŠU

Značaj akreditovanih laboratorija ogleda se kroz savremen pristup laboratorijskim ispitivanjima, zasnovan na uređenom sistemu (osoblje, tehnički uslovi, procedure, itd.) koji je ocenjen od strane nezavisne organizacije i koji je usmeren na zadovoljenje potreba klijenta. Preduslov za akreditaciju laboratorija prema standardu JUS 17025 je uvodjenje sistema menadžmenta kvalitetom (SMK) JUS/ISO 9000 i JUS/ISO 9001. Procesnim pristupom SMK sistematski se smanjuje mogućnost pojave greške kroz primenu preventivnih mera a takođe je propisan postupak ispravljanja nastalih grešaka primenom korektivnih mera.

Akreditaciju laboratorija za ispitivanje, laboratorija za etaloniranje, kontrolnih organizacija i sertifikacionih tela izvodi nacionalno akreditaciono telo (JUAT) koje imenuje Vlada [1]. Akreditacijom se zvanično priznaje kompetentnost laboratorije za specificirano ispitivanje ili etaloniranje. Laboratorije za etaloniranje izvode proveru referentnih materijala, etalona, merila, uređaja za ispitivanje i sl. Laboratorije za ispitivanje izvode fizička, hemijska, mehanička i druga merenja karakterističnih veličina na materijalima odnosno proizvodima koristeći standardne metode u skladu sa nacionalnim ili internacionalnim standardima. Ukoliko laboratorija za ispitivanje razvije sopstvenu metodu ispitivanja ona mora biti verifikovana na neki način i mora biti procenjena merna nesigurnost. Verifikacija metode može da se izvede međulaboratorijskim poređenjem rezultata, proračunom na osnovu teorijskih postavki, kompujterskim simulacijama ili na drugi način. Verifikacija metode se potkrepljuje referencama (sopstvenim ili citiranim) koje pokazuju uspešnost metode ispitivanja.

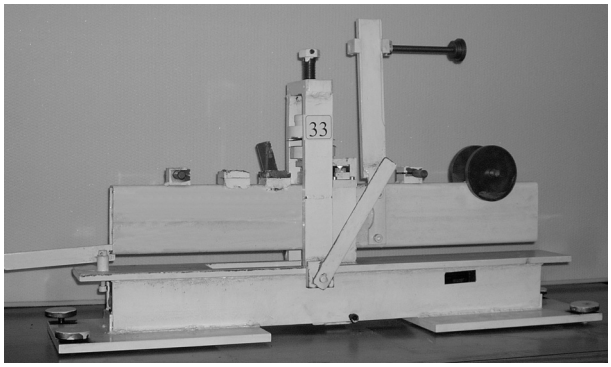
Mere ostvarivanja kvaliteta usluga laboratorija za ispitivanja putem akreditacije [2], pored ostalog, ostvaruje se i kroz sledeće:

- nepristrasnost i nezavisnost akreditovane laboratorije,
- tehnička osposobljenost (rukovođenje, organizacija, osoblje, oprema i radne prostorije),
- opisane postupke (uputstva i procedure),
- sistem menadžmenta,
- evidencija dokumenata i zapisa o ispitivanjima,
- periodičnim (redovnim i vanrednim) proverama od strane akreditacionog tela,
- obaveza uvođenja korektivnih i preventivnih mera,
- obaveza validacije odnosno pažljive i obazrive primene nestandardnih metoda ispitivanja,
- obaveza da se oprema za ispitivanje redovno etalonira i održava u ispravnom stanju.

Institut za mašinstvo Mašinskog fakulteta u Nišu, za potrebna industriji u regionu, sproveo je akreditaciju šest laboratorija, od kojih pet za ispitivanje i jedna za etaloniranje.

U Laboratoriji za ispitivanje materijala i mašina se obavljaju mehanička, tehnološka i druga ispitivanja metala i polimernih materijala, kao i uređaja i mašina opisanih sa pedesetak uputstava za ispitivanje. Na slici 6 je prikazano merno mesto za ispitivanje mehaničkih karakteristika pri naprezanju uzoraka od gume na pritisak prema ASTM D 945-92. Laboratorija za termotehniku, termoenergetiku i procesnu tehniku vrši ispitivanja uređaja za grejanje i provetravanje, instalacija za razvod i distribuciju vode i vazduha (sistemi za klimatizaciju i ventilaciju), instalacija centralnog grejanja i prijemnika sunčeve energije. Laboratorija za hidraulička i pneumatička ispitivanja pumpi, posuda pod pritiskom, hidrauličnih i pneumatičkih instalacija. Laboratorija za motore i motorna vozila vrši merenje dimenzionih parametara kao i merenje maksimalnog i srednjeg usporenja pri kočenju. Laboratorija za goriva i maziva vrši ispitivanje nafte i naftnih

proizvoda, maziva i srodnih proizvoda, biljnih ulja i biodizela.



Slika 6 Merno mesto za ispitivanje mehaničkih karakteristika pri naprezanju gumenih epruveta na pritisak prema ASTM D 945-92

Izvestan broj ispitivanja u laboratorijama Instituta za mašinstvo Mašinskog fakulteta u Nišu se obavlja za potrebe železnice i železničke industrije, ali ta saradnja može da bude obimnija i sadržajnija. Tako postoji mogućnost akreditovanja zajedničkih laboratorija koje bi se specijalizovale za merenja i ispitivanja usmerena na potrebe železnice korišćenjem postojeće opreme i kadrova iz industrije i fakulteta. Takođe bi za železnicu bilo povoljno da se i razvojni planovi instituta usmere na rešavanje problema na železnici.

Sistem akreditovanih laboratorija, zasnovan na odredbama Zakona o standardizaciji i međunarodno priznatim dokumentima za oblast akreditovanja organizacija za ispitivanje (dokumenti ISO/IEC, EN, ILAC), omogućava sklapanje bilaterarnih i multilaterarnih sporazuma o međusobnom priznavanju rezultata ispitivanja ili uzajamnom priznavanju sistema akreditovanih laboratorija na međunarodnom nivou.

4. ZAKLJUČAK

Jedan od uslova priključenja naše zemlje Evropskoj Uniji jeste prihvatanje evropskih standarda odnosno prilagođavanje naših standarda evropskim. Osnovni cilj ovog zahteva je obezbeđenje kvaliteta u svim oblastima ljudske delatnosti, a posebno u oblasti saobraćaja. Kontrola kvaliteta u održavanju železničkih vozila je značajna oblast koja može da se unapredi međusobnom saradnjom železnice, železničke industrije, instituta i univerziteta. Saradnja između ovih institucija je postojala i do sada, ali je porebno da se ona unaprediti i intenzivira s obzirom na nagomilane probleme.

Potrebno je da se raspoloživi ljudski kapaciteti (stručnjaci) i oprema objedine i stave u funkciju unapređenja održavanja železničkih vozila.

LITERATURA

[1] Uredba o uslovima za akreditovanje, načinu akreditovanja i nadzoru nad radom akreditovanih preduzeća i drugih pravnih lica, Službeni list SR Jugoslavije br. 42 (1997),

[2] JUS ISO/IEC 17 025:2001,

[3] D. Stamenković: *"Mogućnosti domaće železničke industrije i nove tendencije"*

[4] Časopis "ŽELEZNICE" br.3-4.2001. str. 163-168

[5] D.Stamenković, S. Jovanović, S. Arsić, M. Živanović: *"Pouzdana dijagnostika pneumatskih kočnih sistema železničkih vozila"* X Jugoslovenska konferencija "Železničko mašinstvo" sa međunarodnim učešćem, Niš, 2002, 143-146.

[6] Interna dokumentacija fabrike MIN AD"Lokomotiva"

QUALITY CONTROL IN RAILWAY VEHICLE MAINTENANCE

Nebojša Stoiljković, Dušan Stamenković,
Goran Radenković, Srđan Radenković Dušan Tonić

Abstract: *Numerous measuring and inspections are performed within the maintenance of railway vehicle in order to establish correctness of the vehicle component parts. These measuring are mainly defined by the railway and general technical regulations. Accreditation of laboratories is involved in order to improve the measure quality system. Introduction of the quality management system JUS/ISO 9000 and JUS/ISO 9001 is prerequisite for the laboratory accreditation towards standard JUS 17025. Institutes and universities are intensively included in this process. Quality control in the area of railway vehicle maintenance can be improved with collaboration between railway, industry, institute and university by means collective engagement in process of laboratory accreditation.*

Keywords: quality control; maintenance; railway vehicle; accreditation

XI ŽELKON '04 RAILCON '04 2004

MONITORING SISTEMI U ODŽAVANJU ŽELEZNIČKIH VOZILA

Dušan Stamenković[1]

Rezime *– Poslednjih godina mnoge zemlje pokrenule su brojne projekte sa ciljem unapređenja održavanja železničkih vozila i infrastrukture. Ovi projekti obuhvataju razvoj i primenu novih monitoring tehnologija. Održavanje prema stanju treba da se primenjuje na osnovu primene savremenih dijagnostičkih sistema i na bazi informacija iz monitoring procesa (real-time podaci). Suština ovog savremenog pristupa održavanju železničkih vozila leži u pouzdanoj dijagnostici i obradi mernih podataka. Ovaj rad upućuje na neophodnost reorganizacije i unapređenja sistema održavanja voznih sredstava na srpskoj železnici uvođenjem monitoring sistema kao osnovnih elemenata održavanja prema stanju.*

Ključne reči - održavanje; železnica; monitoring; dijagnostika.

1. UVOD

Današnje vreme se karakteriše stalnim promenama u svim oblastima života a posebno u tehnici. Poslednjih godina održavanje železničkih vozila, takođe, doživljava značajne promene. Ove promene su tehnološke i metodološke. Savremeno održavanje treba da obezbedi produktivnost ali i kvalitet proizvoda i usluga, komfor, efikasnost, bezbednost, zaštitu čovekove okoline i dr.

Preventivno održavanje zasnovano na unapred definisanim intervencijama i planskim zamenama delova u određenim vremenskim ciklusima se zamenjuje održavanjem prema stanju koje podrazumeva razgradnju sklopova i zamenu neispravnih delova u momentu kada je to neophodno. Da bi moglo da se predvidi buduće stanje vozila neophodna je česta ili stalna dijagnostika sklopova, ali pored toga i arhiviranje, obrada i poređenje izmerenih podataka.

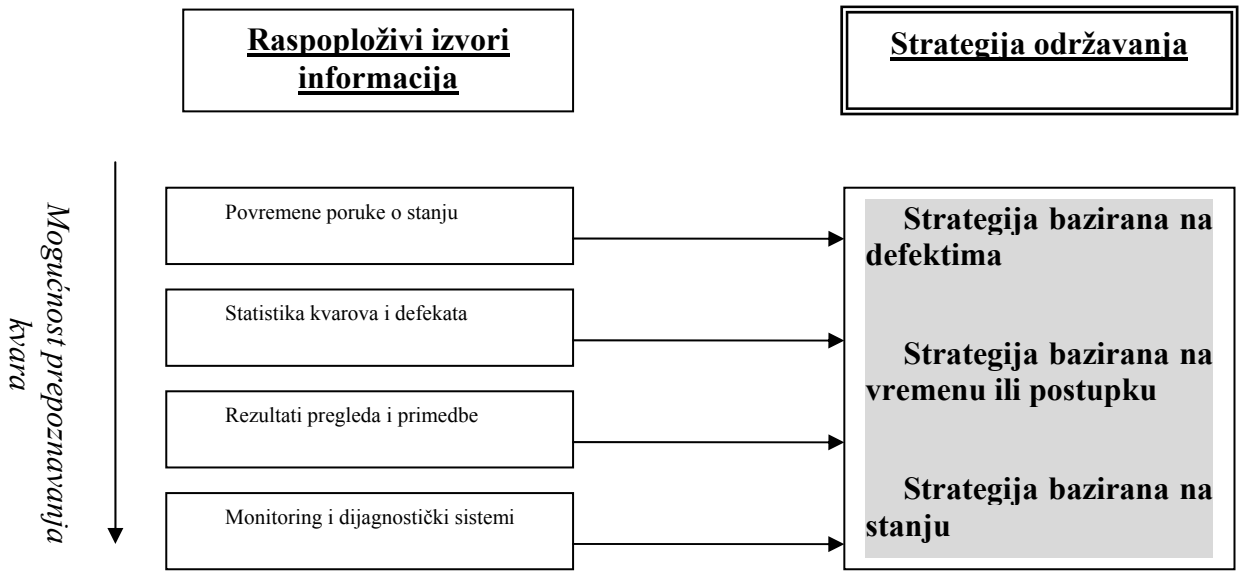
2. NOVI KONCEPT ODRŽAVANJA NA ŽELEZNICI

2.1. Strategija održavanja bazirana na stanju

Održavanje prema stanju je savremeni oblik održavanja koji podrazumeva stalnu ili povremenu proveru stanja opreme tehničkog sredstva i utvrđivanje potrebnih zahvata radi sprečavanja ili otklanjanja defekata.

Značajnu ulogu u realizaciji održavanja prema stanju ima kvalitet izvora informacija o opremi koja je ugrađena u tehničkom sredstvu. Sa povećanjem kvantiteta i kvaliteta raspoloživih informacija o komponentama raste i mogućnost ranog prepoznavanja kvara i na taj način može biti realizovana strategija održavanja prema stanju (sl. 1).

Osnovu za sprovođenje optimalnog održavanja prema stanju železničkih vozila čini precizan opis individualnih uloga i funkcija sklopova unutar vozila. Na osnovu takvog



Slika 1. Odnos strategije održavanja i izvora informacija

[1] dr Dušan Stamenković, Mašinski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, Niš, SCG, dusans@masfak.ni.ac.yu

opisa potrebno je definisati dijagnostičku metodu i dijagnostičku opremu koja je pogodna za instaliranje na uređajima vozila.

Pored toga neophodno je da se registrovani merni podaci arhiviraju i sistematizuju kako bi na osnovu njih mogle da se donose odluke o postupcima održavanja. Sistematizovanje dijagnostičkih podataka povećava efektivnost preventivnog održavanja i u velikoj meri može da redukuje korektivno održavanje, posebno za povremene probleme. Analizom dijagnostičkih podataka i utvrđivanjem trendova parametara u eksploataciji mogu se identifikovati, istraživati i uspešno rešavati sistematski tehnički problemi.

Suština ovog savremenog pristupa održavanju železničkih vozila, znači, leži u pouzdanoj dijagnostici i obradi sistematizovanih mernih podataka.

2.2. Savremeni dijagnostički sistemi

Tehnička dijagnostika je sastavni deo procesa održavanja prema stanju i ima za cilj da, sa određenom tačnošću, utvrdi stanje određenog sastavnog dela tehničkog sistema. To je, u stvari, disciplina koja se bavi prepoznavanjem stanja tehničkog sistema bez njegove demontaže. Postupkom dijagnostike se vrši provera ispravnosti, provera radne sposobnosti, provera funkcionalnosti tehničkog sistema ili istraživanje otkaza.

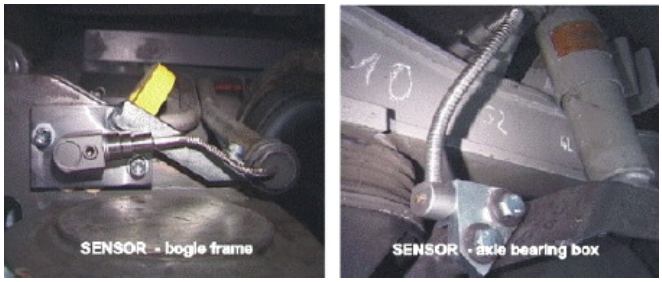
U cilju povećanja efikasnosti održavanja i raspoloživosti železničkih vozila, a koristeći razvoj elektronike, senzorske tehnike i računarskih tehnologija, uvedena je stacionarna i on-board dijagnostika. Stacionarni sistemi se koriste za povremene-preriodične preglede ispravnosti dok se on-board sistemi koriste za kontinualni nadzor uređaja vozila u eksploataciji. Savremeni dijagnostički sistemi koji se primenjuju u održavanju IC vozova na nemačkoj železnici navedeni su na slici 2.

Slika 2. Dijagnostički sistemi IC voza [1]

Dijagnostički sistemi u vozu (on-board) omogućavaju neprekidan priliv informacija o pojedinim sklopovima voza u toku vožnje i omogućavaju neprekidan monitoring bezbednosti i komfora. Primer primene on-board dijagnostičkog sistema kod obrtnog postolja IC voza prikazan je na slici 3 [1]. Ovaj sistem ranog upozoravanja obuhvata osam senzora postavljenih na određenim mestima na svakom obrtnom postolju prema sledećem redosledu:

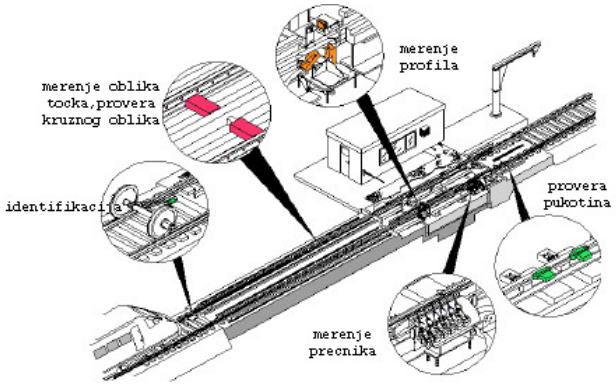
- Po jedan senzor ubrzanja na konzoli amortizera
- Po jedan senzor ubrzanja na zglobu rama obrtnog postolja
- Po jedan senzor ubrzanja sa integrisanim senzorom temperature u kućištima osovinskih ležaja.

Od ukupno osam senzora ubrzanja po jednom obrtnom postolju, vibracije ležaja prate četiri senzora.



Slika 3. Položaji senzora ubrzanja na obrtnom postolju [1] (na ramu obrtnog postolja i u kućištu osovinskih ležajeva)

Stacionarni dijagnostički sistem osovinskog sklopa predstavlja okosnicu procesa održavanja IC voza u depoima (slika 4). Dok voz prolazi kroz postrojenja dijagnostičkog sistema proverava se centričnost točkova i profil venca točkova. Pored toga materijal točka na mestu dodira točak-šina se ultrazvučno skenira do dubine od 2mm ispod površine točka u cilju utrvđivanja postojanja oštećenja. Dijagnostički podaci se sakupljaju i arhiviraju u memoriji računara nakon svakog prolaska voza kroz postrojenje. Dijagnostika se vrši dok se voz kreće brzinom od 5 km/h kroz postrojenje. Ovaj dijagnostički sistem je u potpunosti automatizovan. Ovo podrazumeva da prelazi iz stanja pripravnosti (stand-by) u aktivno stanje kada senzori pošalju informaciju o približavanju voza. Nakon prepoznavanja voza vrši se pregled kontaktnih površina točkova u cilju pronalaženja oštećenja pomoću ultrazvučnog testiranja. Nakon toga se mere profili oba točka osovinskog sklopa korišćenjem snopa svetlosnih zraka kao i bitni parametri geometrije točka (visina i debljina venca točka). Na kraju se meri radijalna istrošenost i detektuju se eventualna ravna mesta na točku. Dakle ovakav dijagnostički sistem predstavlja osnovu neprekidne dijagnostike stanja osovinskih sklopova kao dela održavanja u depoima. Svi podaci dobijeni dijagnostikom se prikupljaju i na osnovu njih se donose odluke u procesu održavanja IC voza.



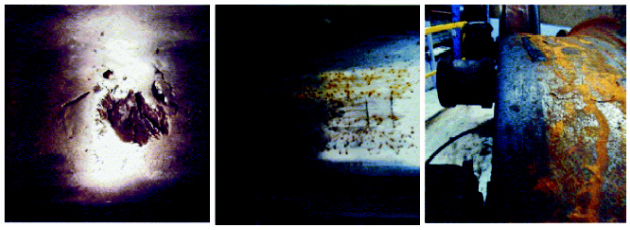
Slika 4. Stacionarni dijagnostički sistem os.sklopa [1]

2.3. Razvojni projekti održavanja

Poslednjih godina razvijene zemlje pokrenule su brojne projekte za unapređenje održavanja železničkih vozila i infrastrukture sa ciljem povećanja efikasnosti i konkurentnosti železničkog saobraćaja.

Za praćenje defekata na kontaktnoj površini točkova železničkih kola, u okviru projekta "ANEM-ONE" [2] razmatrane su tehnologije monitoringa sa optičkim senzorima, infracrvenim i radarskim senzorima, laserska detekcija, CCD kamere i senzori vibracije. Ovim metodama železničke kompanije mogu da vrše promenu koncepta održavanja od sistema baziranog na predviđanju defekata na sistem održavanja baziran na uočenom defektu.

Pre definisanja metodologije monitoringa sprovedena je analiza očekivanih oštećenja na kontaktnoj površini točkova (slika 5). U cilju utvrđivanja optimalnog monitoring sistema, sprovedena su istraživanja sa mobilnim uređajima montiranim na vagonu i sa uređajima koji su instalirani pored pruge kao stacionarni sistemi i izvršena je njihova ocena.

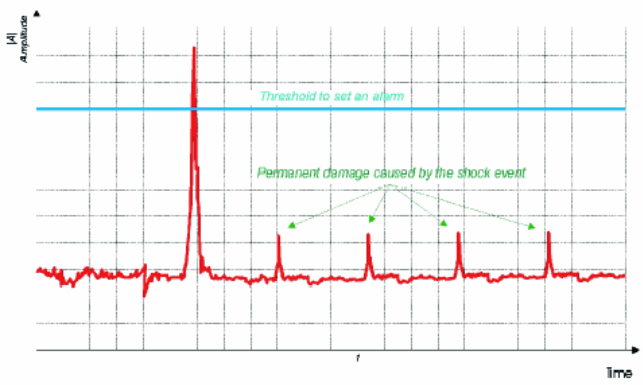


Slika 5. Uobičajena oštećenja na kontaknim površinama točkova [2]

CCD kamera daje sliku kontaktne površine i može detektovati eventualno oštećenje poređenjem te slike sa ranijom slikom neoštećenog stanja. Laserski detektor detektuje oštećenja ili deformacije površina pomoću laserskog zraka koji meri rastojanje do površine ispitivanja analizirajući vreme reflektovanja signala. Obe tehnike su korišćene u ovom istraživanju kao mobilni sistemi ugrađeni uz svaki točak. Međutim to iziskuje velike troškove, a pored toga javljaju se i problemi u eksploataciji zbog prisustva nečistoća tokom vožnje. Međutim, CCD kamera i laserska tehnika se mogu koristiti na fiksnim kontrolnim tačkama instaliranim u terminalima na glavnim pravcima teretnog transporta. Dok se teretni voz kreće malom brzinom kroz terminal obavlja se snimanje CCD kamerom odnosno laserska kontrola površina točkova.

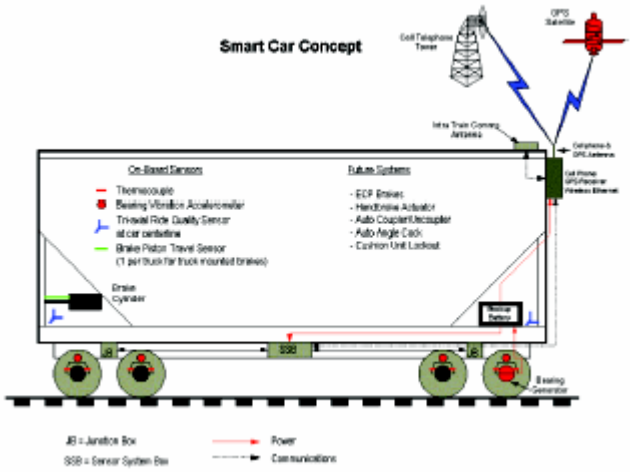
Pored ovog sistema, u okviru projekta "ANEM-ONE" ispitivana je frekventna analiza kao jeftina i pouzdana metoda registrovanja stanja velikog broja železničkih kola. Ovaj dijagnostički sistem se sastoji od senzora, jedinice za sakupljanje podataka, dijagnostičkog i komunikacionog upravljačkog centra. Senzori vibracija su postavljeni na osovinskim ležajevima tako da se dobijaju signali o vibracijama koji se zatim obrađuju frekventnom analizom i na osnovu toga sagledava trenutno i predviđa buduće stanje elemenata obrtnog postolja kola. Na slici 6 prikazan je frekventni zapis permanentnog oštećenja kontaktne površine točka izazvanog vanrednim udarcem velikog intenziteta.

Ovo istraživanje pokazuje da upotreba senzora vibracija, sa primenom frekventne analize za ocenu izmerenih signala, predstavlja postupak monitoringa koji daje najbolje rezultate u slučaju instaliranja na teretnim kolima (on-board dijagnostika). Za primenu monitoring sistema "kontrolna tačka" (stacionarna dijagnostika) preporučuje se upotreba CCD kamera ili laserskih senzora zbog veoma preciznih rezultata.



Slika 6. Frekventni zapis permanentnog oštećenja kontaktne površine točka izazvane vanredno intenzivnim udarcem [2]

Glavni predmet programa koji finansira Kancelarija za istraživanje i razvoj Federalne američke železničke administracije (FRA-ORD) je razvoj i demonstracija on-board monitoring sistema za nadzor defekata kritičnih mehaničkih komponenti tokom eksploatacije teretnih vozova (slika 7)[3].



Slika 7. On-board senzori i sistem komunikacije [3]

Ovaj monitoring sistem obuhvata sledeće senzore:

- Senzori ubrzanja instalirani na adapterima osovinskih ležajeva za detekciju defekata ležajeva i točkova i iskliznuća;
- Termoparovi instalirani unutar adaptera osovinskih ležajeva;
- Senzori ubrzanja u tri pravca postavljeni iznad kolevke za praćenje kvaliteta trčanja kola, naginjanja kola i iskliznuća;
- Senzori za registrovanje rastojanja koji kontrolišu kretanje klipa kočnog cilindra;
- Senzori za praćenje temperature i vibracija u osovinskim ležajevima.

U isto vreme u Severnoj Americi se razvijaju novi integrisani stacionarni detektorski sistemi koji treba da obezbede efikasnije funkcionisanje železnice i povećaju bezbednost [4]. Ovi sistemi su postavljeni neposredno uz kolosek a cilj je da se vrši monitoring pojedinih odgovornih komponenata voznih sredstava. Monitoring sistem uključuje detekciju udarnih opterećenja točkova, detekciju sila točak/šina u izabranim krivinama, monitoring profila točka (slika 8), i dr.

Slika 8. Stabilni sistem za monitoring profila točka [4]

Da bi se povećala efikasnost održavanja na železnici postavljen je novi koncept integrisanog sistema održavanja. Suština koncepta integrisanog sistema održavanja leži u ideji da podaci o stanju vozila koji se dobijaju on-board dijagnostičkim sistemom na vozilu ne budu izolovan deo sistema već da se uključe u integralni proces eksploatacije i održavanja [5]. Moderna automatizovana postrojenja sadrže uređaje koji obezbeđuju merenje i automatsku kontrolu u toku procesa rada. Bitne prednosti takvog sistema su:

- Real-time podaci olakšavaju i ubrzavaju odlučivanje čime se ostvaruje efikasnija eksploatacija vozila;
- Podaci dobijeni iz vozila, kombinovani sa podacima iz drugih izvora koriste se za sprovođenje održavanje prema stanju i tako se izbegava nepotrebno održavanje.

Bez obzira što postoje brojne inicijative za unapređenje sistema održavanja vozila i infrastrukture, samo usaglašena akcija na kontinentalnom nivou može obezbediti bitan napredak u svim aspektima železničkog saobraćaja [6]. To je osnovna postavka EuRoMain projekta čiji je pun naziv "European Railway Open Maintenance System" koji je pokrenut aprila 2002. godine. Cilj projekta je da definiše i specificira kompletan sistem podrške održavanju na železnici, koji treba daljinski da prati i dijagnosticira kompleksni sistem duž pružnih linija kao i unutrašnju opremu vozova tokom eksploatacije sa real-time podacima. Ti podaci moraju da budu podržani odgovarajućom tehničkom dokumentacijom, prerađenom u standardni format pogodan za distribuciju podataka koji mogu biti dostupni i upotrebljivi za krajnje korisnike. Rezultati projekta treba da se prezentiraju krajem 2004. godine i treba da uključe predloge za nove standarde koji treba da omoguće interoperabilnost između različitih zemalja, sistema i operatera, kao i da utemelje put za novu organizaciju održavanja u Evropi. U projektu učestvuje 17 partnera iz šest zemalja Evropske unije i Rumunije.

Ovaj projekt je u saglasnosti i oslanja se na rezultate projekta TrainCom koji specificira infrastrukturu sistema za komunikaciju koji će moći da poveže opremu vozova sa stabilnim sistemima širom Evrope. Podaci koji dolaze iz vozova, dok oni trče u saobraćaju, mogu se preneti do stabilne mreže preko vozno-stabilne komunikacione infrastrukture koja se razvija u okviru TrainCom projekta. Ovo će učiniti raspoloživim dijagnostičke podatke tako da operateri mogu kontrolisati stanje svakog uređaja, a radionice za održavanje mogu unapred da planiraju resurse za realizaciju održavanja vozila.

3. MOGUĆNOST UNAPREĐENJA ODRŽAVANJA NA SRPSKOJ ŽELEZNICI

Naša zemlja čini napore za ulazak u Evropsku uniju što podrazumeva uređenje u mnogim oblastima a posebno u oblasti saobraćaja. U tom smislu našoj železnici predstoji reorganizacija (podela na infrastrukturu i eksploataciju) i transformacija u tržišno orijentisano preduzeće koje treba da obezbedi zadovoljavajući nivo transportne usluge.

Danas železnički saobraćaj kod nas ne funkcioniše zadovoljavajuće. Bez obzira na činjenicu da ŽTP Beograd poseduje veliki broj voznih sredstava, zbog izuzetno male raspoloživosti (velike imobilizacije), postoji stalni nedostatak vozila za obavljanje transportnih usluga. Uzroci velike tehničke neispravnosti vučnih i vučenih vozila su, pored nepovoljne starosne strukture, i dugogodišnji nedostatak finansijskih sredstava što se negativno odrazilo na izvršenje planskih redovnih opravaka (tekućih i investicionih). Višegodišnje ″improvizovano″ održavanje (skidanje potrebnog dela sa jednog vozila radi opravke drugog vozila), nedovoljna motivisanost radnika, zastarelost opreme i sl. produkovalo je tehnološku nedisciplinu koja je nedopustiva u procesu održavanja. Pored toga, organizacija održavanja vozila je zastarela i neprilagođena savremenim pristupima. Neophodno je razviti sistem održavanja voznih sredstava prema stanju.

Održavanje voznih sredstava se deli na tekuće koje obuhvata planske-periodične kontrolne preglede i investiciono koje obuhvata redovne i vanredne opravke. Uvođenje održavanja prema stanju zahteva značajne promene u postojećem tekućem i investicionom održavanju.

Kontrolni pregledi se mogu unaprediti uvođenjem savremenih dijagnostičkih postupaka. Tu predstoje dva značajna posla. Prvi je definisanje zahteva za merenje određenih parametara i dovođenje tih mernih podataka u vezu sa prognozom budućeg stanja. Drugi posao je definisanje mernih mesta, izbor merne metode i merne opreme, utvrđivanje procedure merenja i sl. Pored neophodnih finansijskih sredstava za realizaciju ovakvih poslova potrebni su i odgovarajući stručni kadrovi. Za prvi posao to su stručnjaci sa železnice koji najbolje poznaju vozila i sastavne sklopove. Dok su za drugi posao najpozvaniji stručnjaci iz instituta i univerziteta koji se bave metrologijom.

Redovne i vanredne opravke treba da se unaprede s jedne strane sprovođenjem organizacije održavanja po sistemu agregatne zamene i sa druge strane poboljšanom/specijalizovanom opravkom agregata. Održavanje vozila po sistemu agregatne zamene podrazumeva da, kada se konstatuje defekt, vozilo se dopremi do odgovarajućeg depoa, sa njega razgradi neispravni sklop i odmah ugradi drugi, ranije popravljeni sklop, proveri funkcionalnost vozila i vozilo vrati u saobraćaj. Ovaj pristup podrazumeva da se radionice ZOVS-a i remontera opreme za brzu razgradnju i ugradnju sklopova tj. agregata, i na taj način obezbede što kraću imobilizaciju vozila. Opravka neispravnih sklopova tj. agregata treba da se obavlja u specijalizovanim radionicama. Usko specijalizovani kapaciteti (stručna radna snaga i specijalna oprema) obezbeđuju efikasniju i kvalitetniju opravku komponenti vozila. Ove aktivnosti treba da se sprovedu reorganizacijom i tehničkim

unapređenjem postojećih pogona ZOVS i pogona remontera.

Bez obzira na tehnički nivo vozila i infrastrukturnih sredstava kojim raspolaže železnica, održavanje treba da se bazira na praćenju funkcionalnog stanja njihovih sastavnih sklopova i obradi tih podataka. Osnovne postavke ovog koncepta treba da budu:

- Monitoring proces treba da se sprovodi uz što manje ometanje eksploatacije;
- Intervencije u održavanju treba da se predvide/planiraju na bazi informacija iz monitoring procesa.

S obzirom na postojanje velikog broja različitih vozila i njihovih komponenti kao i njihov tehnički nivo nemoguće je formirati univerzalni metod i tehnološki postupak. Različiti sklopovi treba da se kontrolišu u različitim periodima zavisno od strukturnih komponenata i funkcionalnog ili bezbedonosnog značaja. To podrazumeva izbor različitih monitoring sistema i pristupa za različite komponente. Ali je neophodno da se redovno ili permanentno prati operativno stanje vozila i opreme. Ukoliko se obezbede korektni i redovni podaci o stanju opreme vozila onda se može sprovesti optimizacija održavanja, povećati raspoloživost vozila i na taj način ostvariti veća efikasnost u železničkom saobraćaju.

Uvođenje novog sistema održavanja je obiman i kompleksan zahvat i njemu treba pristupiti temeljno i studiozno. S obzirom na činjenicu da naša železnica ne raspolaže dovoljnim finansijskim sredstvima, treba izvršiti detaljnu analizu kvarova i troškova održavanja voznih sredstava i na osnovu toga, najpre treba postaviti novu organizaciju održavanje kritičnih sklopova. S obzirom da su osovinski sklopovi izloženi velikim naprezanjima u eksploataciji, svrsishodno je prioritetno postaviti reorganizaciju procesa održavanja ovog sklopa. U tom smislu treba pokrenuti projekt koji bi detaljno istražio i razradio sistem održavanja osovinskih sklopova železničkih kola i vučnih vozila uključujući dijagnostičke sisteme za praćenje stanja u eksploataciji. Na ovim poslovima treba okupiti sve raspoložive stručnjake koji imaju iskustva u oblasti održavanja, metrologije, eksploatacije vozila, i sl.

4. ZAKLJUČAK

Održavanje nije samo reparacija starih ili oštećenih vozila već je to ogroman logistički problem.

Održavanje prema stanju je savremeni pristup održavanja tehničkih sredstava u svim oblastima. Ovaj koncept se danas sprovodi kod svih razvijenih železnica.

Poslednjih godina razvijene zemlje pokrenule su brojne projekte za unapređenje održavanja železničkih vozila i infrastrukture koji obuhvataju razvoj i primenu novih monitoring tehnologija. Uz primenu savremenih dijagnostičkih sistema, na bazi informacija iz monitoring procesa, sprovodi se sistem održavanja prema stanju. Suština ovog savremenog pristupa održavanju železničkih vozila, znači, leži u pouzdanoj dijagnostici i obradi sistematizovanih mernih podataka.

Sagledavajući ove projekte razvijenih železnica kao i neophodnost reorganizacije i unapređenja sistema održavanja voznih sredstava na našoj železnici potrebno je razvoj usmeriti u pravcu uvođenja monitoring sistema kao osnovnih elemenata održavanja prema stanju.

LITERATURA

[1] Bannasch, M.; Maly, H.; Klose, C.; Saglitz, M.: "Intelligent and Flexible Inspection of Trains for High-Speed Services", RTR 2-3, 2002.

[2] J Zajicek, D Leihs: ‘’Anemone – a monitoring system for rail cars’’ WCRR 2003 Edinburgh Scotland; Congress proceedings p.166-169.

[3] J Donelson, SK Punwani, MF Stewart, W Zavis, MC Edwards: ‘’Revenue service demonstration of on-board condition monitoring system’’ WCRR 2003 Edinburgh Scotland; Congress proceedings p.170-177.

[4] F Irani, GB Anderson, R Morgan: "Development and implementation of wayside detection systems for vehicle health monitoring" WCRR 2003 Edinburgh Scotland; Congress proceedings p.178-184.

[5] R Shinger, VA Smedley: “Improving vehicle maintenance through wireless remote access and condition monitoring” WCRR 2003 Edinburgh Scotland; Congress proceedings p.157-165.

[6] R Shingler, P Umiliacchi: ‘’Advances in railway maintenance: the EuRoMain project’’ WCRR 2003 Edinburgh Scotland; Congress proceedings p.1364-1369.

[7] D.Stamenković, D.Mandić: "Monitoring Methods in Railway Vehicles Maintenance" 16th International Conference "CURRENT PROBLEMS IN RAIL VEHICLES - PRORAIL 2003" Žilina, Slovakia 2003.

MONITORING SYSTEMS IN RAILWAY VEHICLE MAINTENANCE

Dušan Stamenković

Abstract *– In last time, many countries have initiated the numerous projects in order to improve railway vehicle and infrastructure maintenance. These projects include development and implementation of new monitoring technologies. Condition-based maintenance should be used at the base of the present diagnostic systems implementation and monitoring process information (real-time data). Reliable diagnostic and management of measure data are the true of this present railway vehicle maintenance approach. This paper suggests the necessity of the reorganization and improving in area of rolling stock maintenance in Serbian railway by the means of the monitoring systems implementation as the basic elements of condition-based maintenance.*

Key words – maintenance; railway; monitoring; diagnostic

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

OŠTEĆENJA POJEDINIH VITALNIH DELOVA ŽELEZNIČKOG MOTORA MGO-V12 I MOGUĆNOSTI NJIHOVE REGENERACIJE

Slobodan Tanasijević [1], Svetislav Jovičić [2] , Svetislav Lj. Marković [3]

Rezime *– U radu su prikazani osnovni oblici oštećenja blokova, kolenastih vratila i klipnjača motora MGO-V12, kao i postupci njihove regeneracije. Tehnološke mogućnosti regeneracije najilustrativnije se mogu videti na primeru teško oštećenog bloka železničkog dizel motora snage 680 kW.*

Ključne reči - Železnički motor, blok, kolenasto vratilo, klipnjača.

1. UVOD

Železnički motor francuske proizvodnje MGO-V12 decenijama je bio nezamenjiv pokretač lokomotiva koje su vukle kompozicije na našim prugama. Tek elektrifikacija železnica počela je da potiskuje ovu moćnu pogonsku mašinu. Inače, to je dizel četvorotaktni motor sa direktnim ubrizgavanjem. On ima dvanaest cilindara u "V" rasporedu, gde je ugao između naspramnih cilindara 60^0. Snaga motora je 680 kW.

Zbog velikih gabarita i masa vitalnih delova ovih motora njihovim održavanjem i regeneracijom bave samo posebno opremljena remontna preduzeća.

2. OŠTEĆENJA BLOKA MOTORA

Kućište motora se sastoji od bloka, koji je sa gornje strane zatvoren cilindarskim glavama, a sa donje koritom za ulje. Cilindarski blok je odgovoran i najskuplji deo motora sa unutrašnjim sagorevanjem.

Na bloku motora, u toku eksploatacije, mogu se pojaviti sledeća oštećenja (slika 1):

A - habanje radnih površina cilindara ili cilindarskih košuljica,

B - habanje gnezda ležaja kolenastog vratila,

C - habanje gnezda čaura bregastog vratila,

D - prsline i proboji na zidovima komore za vodu,

E - prsline i proboji na pregradama između cilindara,

F - deformacija naležućih mesta cilindarskih košuljica,

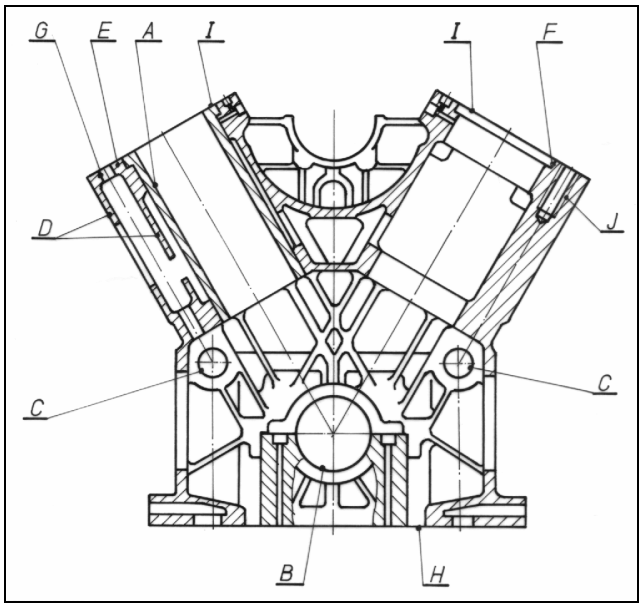
G - habanje otvora za čaure podizača ventila,

H - risevi i ogrebotine na donjoj površini bloka, na koju naleže korito za ulje,

I - neravnost gornje površine bloka, na koju naleže cilindarska glava,

J - habanje i smicanje navoja u navojnim otvorima.

Radne površine cilindara ili cilindarskih košuljica izložene su veoma velikim opterećenjima, pa se habaju brže od ostalih delova motora. Kod motora MGO-V12 u pitanju su "mokre" (plivajuće) košuljice, koje su izrađene sa visokom tačnošću i kvalitetom obrade tako da relativno malo habanje površina cilindara dovodi do smanjenja hermetičnosti komore sagorevanja i promene efektivnih pokazatelja rada motora (pad snage motora i povećanje potrošnje goriva i ulja). Cilindri se habaju u oblasti kretanja klipnih prstenova. Radna površina cilindra po preseku dobija ovalni oblik sa većom osom u ravni oscilovanja klipnjače, a po visini konusan oblik čiji je vrh okrenut nadole.



Slika 1. Osnovni oblici oštećenja bloka motora MGO-V12

Za vreme rada motora može doći do slabljenja polutki oslonih ležajeva kolenastog vratila, što dovodi do njihovog pomeranja i habanja gnezda ležaja u bloku i poklopcima. Gubitak saosnosti gnezda ležaja može nastati i zbog zaostalih napona usled visokih temperatura i velikih opterećenja za vreme rada, ili skidanja unutrašnjih napona nastalih pri izradi. Ovakva oštećenja dovode do nepravilnog položaja kolenastog vratila, njegovog elastičnog deformisanja, pa i do zaklinjavanja i loma.

2.1. Regeneracija bloka motora

Navedene neispravnosti mogu se uspešno otkloniti i blok regenerisati. Međutim, ukoliko postoji lom unutrašnjih pregrada bloka, više od dve prsline dužina od po 800 mm, prsline koje prolaze kroz navojne otvore ili izlaze na obrađene površine bloka, ili više od dva loma složenih

[1] Prof. dr Slobodan Tanasijević, redovni profesor, Mašinski fakultet Kragujevac, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac.
[2] Prof. dr Svetislav Jovičić, redovni profesor, Mašinski fakultet Kragujevac, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac.
[3] Dr Svetislav Lj. Marković, profesor, Viša tehnička škola Čačak, Svetog Save 65, 32000 Čačak, svetomŽptt.yu.

oblika, blok se ne regeneriše.

Pohabani cilindri (cilindarske košuljice) se razbušuju i honuju na sledeću remontnu meru i kompletiraju klipovima sa odgovarajućim dimenzijama. Posle iskorišćenja svih dopuštenih remontnih mera pohabane "mokre" cilindarske košuljice se vade i zamenjuju novim. Cilindarske košuljice se ubacuju u cilindar sa preklopom od 0,08 do 0,12 mm, pa je često potrebno zagrevati blok ili hladiti košuljice. Oštećena naležuća gnezda cilindarskih košuljica se navaruju pa se mašinski obrađuju na nominalnu meru.

Regeneracija oštećenih gnezda ležajeva kolenastog vratila izvodi se razbušivanjem na remontne mere. U obrađena gnezda se stavljaju polutke ležajeva sa uvećanim merama. Na isti način se obrađuju gnezda ležajeva bregastog vratila i njegove čaure.

Prsline se mogu zavariti neposredno ili uvrtanjem zavrtnjeva za ojačanje pa zavarivanjem. Zavarivanje može biti elektrolučno, bez zagrevanja, i gasno – sa prethodnim zagrevanjem. Ovo se uglavnom odnosi na prsline na komori za vodu i koritu za ulje. Prsline koje nisu na obrađenim površinama mogu se regenerisati i epoksidnom smolom ili lepkom. Sve prsline se veoma uspešno regenerišu metalok postupkom.

Proboji na zidovima vodene komore ili bloka, koji ne izlaze na obrađene površine, regenerišu se postavljanjem zakrpa, njihovim zavarivanjem i kasnijom obradom šava. Zakrpe su najčešće od čeličnog lima debljine 2,6÷3 mm. Zakrpa mora biti veća od proboja za 10÷12 mm sa svih strana.

Oštećena gornja površina bloka se regeneriše ravnim brušenjem ili glodanjem.

Pohabani ili smaknuti navojni otvori se regenerišu razbušivanjem i urezivanjem većeg navoja u koji se uvrće navojna čaura, koja ima unutrašnji navoj nominalnih mera. Pored toga, moguće je razbušivanje navojnog otvora i urezivanje navoja sa remontnim merama i izrada stepenastih svornih zavrtnjeva.

Kod nekih motora dolazi do habanja otvora za čaure ventila i podizača u bloku. Ukoliko je habanje veće od 0,07 mm, otvori se regenerišu razvrtanjem na remontnu meru. U tako pripremljene otvore ubacuju se čaure sa odgovarajućim dimenzijama.

2.2. Regeneracija havarijski oštećenog bloka motora MGO-V12

Tehnološke mogućnosti regeneracije najilustrativni-je se mogu videti na primeru teško oštećenog bloka. Blok je izrađen od sivog liva, tvrdoće 210÷227 HB i hemijskog sastava prikazanog u tabeli 1. U bloku se nalaze mesta za postavljanje 12 "mokrih" cilindarskih košuljica (hilzni), sedam gnezda ležajeva kolenastog vratila sa poklopcima, otvori za podizače klackalica ventila, čaure za dva bregasta vratila, navojni otvori za svorne zavrtnjeve za pritezanje cilindarskih glava (svaki cilindar ima svoju glavu) i za pritezanje poklopaca ležajeva kolenastog vratila.

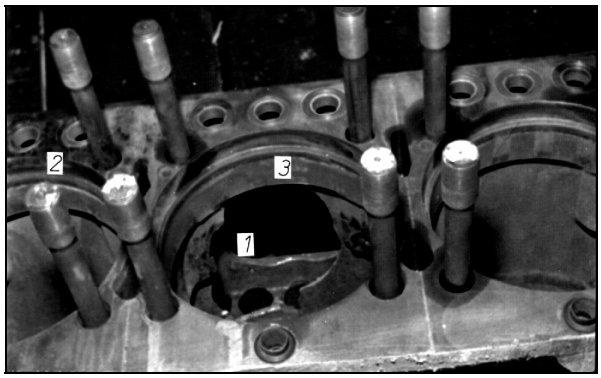
Tabela 1. Hemijski sastav sivog liva bloka motora MGO-V12

C	Si	Mn	Mo	Cr	S	P	Ni
1,70	2,60	0,71	0,096	0,082	0,064	0,052	tragovi

Cilindarske košuljice su izrađene od specijalnog nitriranog liva. Venac košuljice se na gornjem kraju naslanja na gnezdo u bloku, dok su na donjem kraju košuljice dva žljeba u koje se smeštaju zaptivači otporni na dejstvo tople vode (gornji) i ulja (donji zaptivač).

Remontovani motor je havarijski oštećen pucanjem treće klipnjače. Na bloku tog motora vizuelnim, magnetnim i metodom tehničkih merenja otkrivena su sledeća oštećenja (slika 2):

- ✓ proboj (lom) zida komore za vodu (oznaka 1),
- ✓ prekomerna pohabanost svih cilindara,
- ✓ prsline između otvora za podizače klackalica (2),
- ✓ odstupanje saosnosti gnezda osnovnih ležajeva kolenastog vratila,
- ✓ deformisanost gnezda cilindarske košuljice (3) i
- ✓ pohabanost čaura bregastih vratila.



Slika 2. Oštećeni blok motora MGO-V12

Cilindarske košuljice su bile pohabane u tolikoj meri da su se vrednosti izmerenih prečnika u zoni najvećeg habanja (položaj prvog klipnog prstena kada je klip u gornjoj mrtvoj tački) kretale između $\phi 175{,}3$ i $\phi 175{,}4$ mm (nominalna mera je $\phi 175^{0{,}010}_{0{,}000}$ mm). Košuljica u kojoj se nalazila polomljena klipnjača potpuno je uništena.

Nesaosnost jednog gnezda ležaja znatno je prekoračila dopuštenu granicu (0,07 mm), a njegov prečnik je bio $\phi 147{,}3$ mm (nominalna vrednost $\phi 146^{0{,}025}_{0{,}000}$ mm).

Gornji otvor za centriranje cilindarske košuljice dobio je nedozvoljenu ovalnost: prečnik u ravni oscilovanja klipnjače $\phi 204{,}9$ mm, a u poprečnoj ravni $\phi 204{,}4$ mm (nominalna mera $\phi 204^{0{,}046}_{0{,}000}$ mm). Ostala gnezda su imala prečnike u granicama dopuštenih vrednosti.

Izmereni prečnici pojedinih čaura bregastih vratila bili su između $\phi 72{,}05 \div \phi 72{,}07$ mm (nominalna vrednost $\phi 72^{0{,}030}_{0{,}000}$ mm).

Pri regeneraciji očišćena su korodirana mesta vodene komore i skinut kamenac, isprani kanali za ulje i opran blok i cilindarske košuljice.

Navedena oštećenja sanirana su sledećim postupcima regeneracije:

- ❑ Postavljanjem zakrpe od čeličnog lima, debljine 3 mm, i njenim zavarivanjem "na hladno" REL postupkom saniran je lom zida komore za vodu.
- ❑ Havarisana cilindarska košuljica zamenjena je novom, pa su sve košuljice razbušene i honovane na remontnu meru $\phi 175{,}5$ mm.

- Prsline između otvora za podizače klackalica ventila pripremljene su za regeneraciju bravarskim alatom, pa REL zavarene "na hladno" sa dodatnim materijalom na bazi nikla. Potom su šavovi obrušeni.
- Oštećeno gnezdo ležaja kolenastog vratila je navareno "hladnim" postupkom navarivanja sivog liva sa dodatnim materijalom na bazi nikla. Zatim su sva gnezda ležajeva razbušena na horizontalnoj bušilici na dopuštenu meru $\phi 146{,}03$ mm.
- Deformisano gnezdo cilindarske košuljice navareno je i obrađeno na vertikalnoj bušilici za razbušivanje blokova motora na nominalnu meru.
- Pohabane čaure bregastog vratila zamenjene su novim.
- Pažljivo su pročišćeni navojni otvori za svorne zavrtnjeve.

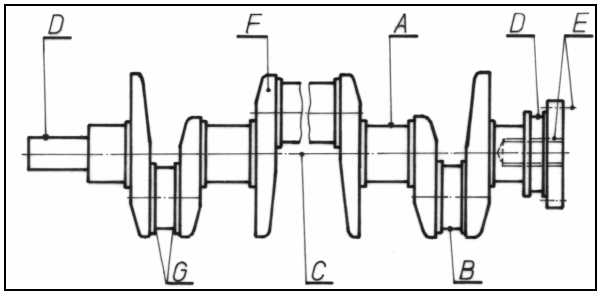
Ovako regenerisan cilidarski blok se kontroliše i ispituje metodima ispitivanja bez razaranja: vizuelnim pregledom (otkrivanje makroskopskih grešaka), magnetnim fluksom (otkrivanje mikroskopskih grešaka) i hidrauličkim metodom (provera hermetičnosti). Za ispitivanje metodom magnetofluksa korišćena je suspenzija emulzije sa prahom železooksida (crni ili fluoroscentni prah). Nisu uočene greške tipa prslina, šupljina i neprovara. Hidrauličko ispitivanje je izvođeno pomoću zagrejane vode (do 80^0C) pod pritiskom od 0,4 MPa, kada su postavljene "lažne" cilindarske glave. Curenja vode za vreme ispitivanja (5÷10 minuta) nije bilo.

3. OŠTEĆENJA KOLENASTIH VRATILA

Kolenasto vratilo je vitalni mašinski element koji se praktično najčešće regeneriše. Regeneracija jednog istog vratila može se izvoditi i više puta, čime se njegov radni vek znatno produžava uz očuvanje eksploatacio-nih karakteristika.

Kolenasta vratila rade u složenim eksploatacionim uslovima. Na njih deluju sile koje nastaju u komori za sagorevanje, inercione sile, torzione vibracije. U nizu slučajeva otežan je dovod ulja na rukavce kolenastih vratila. Sve to omogućava da se u procesu rada javlja habanje, kao i druga oštećenja.

Najčešća oštećenja kolenastih vratila (slika 3) su: habanje oslonih (A) i letećih (B) rukavaca, savijenost vratila (C), pojava prslina, pohabanost rukavaca na koje nailaze zaptivači i razvodni zupčanik (D), habanje ili oštećenje žljebova, navojnih i drugih otvora (E). Posledica neravnomernog habanja rukavaca je pojava konusnosti i ovalnosti. Na kolenastim vratilima izašlim iz eksploatacije može se uočiti i njihova savijenost, kao i plastična deformacija kolena (F), odnosno različitost rastojanja između zidova jednog kolena (G).



Slika 3. Oštećenja kolenastih vratila motora

Osnovnu operaciju regeneracije kolenastih vratila predstavlja brušenje ležećih i letećih rukavaca na remontne mere. Za oslone i leteće rukavce svih kolenastih vratila ustanovljene su osnovne remontne mere, koje se označavaju sa R_1, R_2, R_3,... Svi rukavci regenerisanog kolenastog vratila moraju biti podvrgnuti poliranju ili superfiniširanju.

Rukavci kolenastih vratila, koji su pohabani toliko da se ne mogu regenerisati metodom remontnih mera, mogu se reparirati u remontnim preduzećima do nominalnih mera automatskim vibrolučnim navarivanjem, automatskim navarivanjem pod slojem topitelja sa primenom termičke obrade i automatskim navarivanjem praškastim elektrodama bez termičke obrade, elektrolitičkim nanošenjem i metalizacijom. U našoj remontnoj praksi najčešće se primenjuje hladna metalizacija.

Pohabani zidovi kolena letećih rukavaca regenerišu se obradom na veću meru. Savijena kolenasta vratila ispravljaju se u hladnom stanju na hidrauličkoj presi. Deformisani zidovi kolena ispravljaju se nakivanjem pomoću pneumatskih ili ručnih čekića.

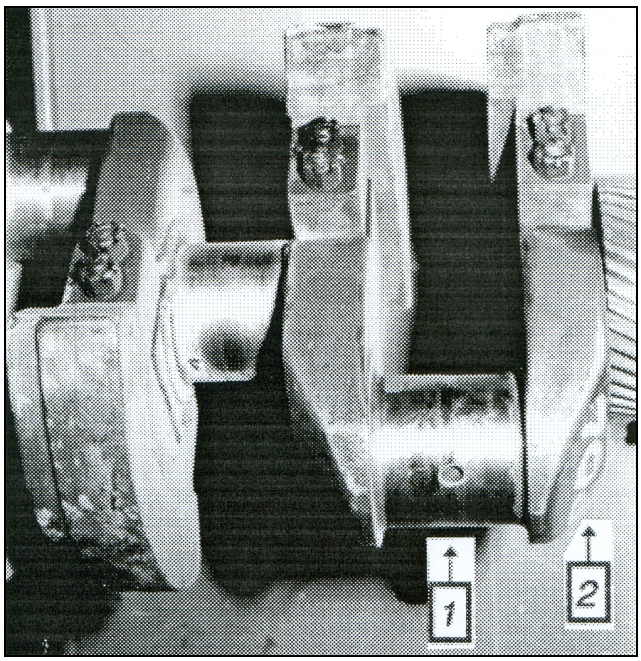
Kolenasto vratilo se posle regeneracije mora podvrći dinamičkom balansiranju. Neuravnoteženost vratila odstranjuje se putem bušenja otvora u rukavcima ili protivtegovima vratila.

3.1. Primer regeneracije oštećenog kolenastog vratila motora MGO-V12

Kolenasto vratilo ovog motora ima sedam osnovnih (oslonih-ležećih) i šest letećih rukavaca i izrađeno je kovanjem od hrom-molibdenovog čelika. Rukavci su kaljeni induktivno visokofrekventnim strujama. Standardne i remontne mere rukavaca, propisane tehničkom dokumentacijom proizvođača, prikazane su u tabeli 2.

Tabela 2. Mere rukavaca kolenastog vratila motora MGO-V12

Tip motora	MGO-V12	
Rukavac	Osnovni (ležeći)	Leteći
Broj rukavaca	7	6
Dužine rukavaca	90D9 ($90^{+0,207}_{+0,120}$)	90D9 ($90^{+0,207}_{+0,120}$)
Granične dužine	90,6 mm	90,8 mm
Uljni zazori	0,126÷0,206 mm	0,147÷0,218 mm
Maksimalni dozv. uljni zazori	0,37 mm	0,34 mm
Prečnici rukavaca	$\phi 130\,j6(130^{+0,014}_{-0,011})$	$\phi 120\,j6(120^{+0,013}_{-0,009})$
I remontna mera	ϕ129,5 mm	ϕ119,5 mm
II remont. mera	ϕ129 mm	ϕ119 mm
III remont. mera	ϕ128,5 mm	ϕ118,5 mm
IV remont. mera	ϕ128 mm	ϕ118 mm
Dozvoljeno sma-njenje prečnika	0,08 mm	0,08 mm
Maksimalna konusnost	0,05 mm	0,05 mm
Maksimalna ovalnost	0,05 mm	0,05 mm



Slika 4. Izgled oštećenog kolenastog vratila motora MGO-V12

Određivanje tehničkog stanja vratila izvođeno je magnetnim i metodom tehničkih merenja. Magnetnim metodom "fero-fluks" otkrivene su male prsline na zidovima dva kolena, koje su obeležene kredom (slika 4, oznaka 2). Metodom tehničkih merenja ustanovljeno je habanje svih rukavaca (oznaka 1). Merenja su vršena na oslonim pa na letećim rukavcima i to na tri mesta po dužini svakog rukavca i u obe ravni (vertikalnoj i horizontalnoj). Merna mesta su bila na krajevima i sredini rukavaca. Rezultati merenja pokazuju nedozvoljenu ovalnost svih rukavaca i nedopuštenu konusnost prvog i četvrtog ležećeg rukavca, gledano sa leve strane (na desnoj se nalazi prirubnica za vezivanje zamajca).

S obzirom na veličinu i karakter oštećenja redosled izvođenja operacija regeneracije je sledeći. Prvo su izvršene pripreme za zavarivanje ručnim pneumatskim biaksom, na taj način što su prsline oivičene i očišćene. Zatim je izvođeno REL zavarivanje istih sa dodatnim materijalom INOX 29/9 A ϕ2,5 mm. Potom su varovi obrađeni ručnom električnom brusilicom pa se pristupilo kontroli savijenosti vratila. Prilikom ove kontrole na dva nepokretna oslonca – prizme, pomoću komparatora, obeležena su mesta na kojima postoje ugibi veći od dopuštenih. Ugib na trećem oslonom rukavcu iznosio je 0,98 mm, a na četvrtom 1,06 mm Ispravljanje je vršeno hladnim postupkom na hidrauličkoj presi.

Sledeća operacija bila je brušenje rukavaca vratila. Najpre su obrušeni osloni rukavci na prvu remontnu meru (R1). Zatim je vratilo izbačeno iz ose pa su obrušeni leteći rukavci na istu remontnu meru (R1). Na istoj mašini su svi rukavci ispolirani. Brušenjem i poliranjem dobijene su zahtevane mere i kvaliteti obrade (N5, R_a=0,40 μm) svih rukavaca. Ispiranje kanala vršeno je pre i posle završnog brušenja i poliranja.

Nakon montaže svih čepova na kolenastom vratilu izvršeno je ispitivanje zaptivenosti hidrauličkim metodom pod pritiskom od 1,2 MPa u trajanju od 20 minuta. Nije uočeno curenje radne tečnosti (nafte) iz kolenastog vratila.

Na uređaju za balansiranje kolenastih vratila i bregastih osovina izvođeno je dinamičko balansiranje regenerisanog kolenastog vratila. Utvrđeno je da je maksimalni disbalans 106 gcm, što je manje od graničnog dopuštenog (180 gcm).

Na kraju je izvršeno merenje površinske tvrdoće pojedinih rukavaca metodom Rokvela. Kako se tvrdoća nalazi u granicama 44÷46 HRC zaključeno je da je regeneracija uspešno obavljena.

Kolenasto vratilo, težine 2400 N, koje je nezamenjiv i najvitalniji deo motora MGO-V12, vraćeno je u eksploataciju sa očuvanim svim funkcionalnim karakteristikama. Troškovi regeneracije čine tek oko 6% cene novog vratila. Pored visoke cene novog kolenastog vratila treba imati u vidu i otežanu nabavku s obzirom da je strane proizvodnje.

4. VRSTE I KARAKTER OŠTEĆENJA KLIPNJAČA

Klipnjača je element klipne grupe motora SUS koji prenosi sile sa klipa na kolenasto vratilo pomoću dva ležišna mesta, koja se nazivaju mala i velika pesnica. Ležaj male pesnice predstavlja utisnuta bronzana čaura u koju se postavlja klipna osovinica kao element za spajanje sa klipom. Ležaj u velikoj pesnici je dvodelni sa izmenjivim umecima (polutkama) i postavlja se na leteći rukavac kolenastog vratila.

Usled velikih dinamičkih opterećenja dolazi do habanja ležajeva klipnjače, što prouzrokuje povećanje zazora ležaja, pojavu udarne buke i pad pritiska ulja u sistemu za podmazivanje. Habanje je oštećenje koje je nemoguće izbeći, ali nije i jedino na klipnjačama. Na slici 5 prikazana su najčešća oštećenja na klipnjačama motora MGO-V12.

Oznake na slici karakterišu sledeća oštećenja:

A - pohabanost ležišta velike pesnice glavne klipnjače i oštećenost ispusta za fiksiranje umetaka ležaja, kao i pohabanost unutrašnje površine otvora velike pesnice,

B - pohabanost klizne čaure male pesnice glavne klipnjače i pohabanost otvora male pesnice,

C - pohabanost klizne čaure male pesnice pomoćne klipnjače i pohabanost otvora male pesnice,

D - pohabanost otvora i osovinice za vezu glavne i pomoćne klipnjače,

E - neparalelnost osa otvora glavne klipnjače (savijenost i uvijenost klipnjače),

F - neparalelnost osa otvora pomoćne klipnjače (savijenost i uvijenost klipnjače),

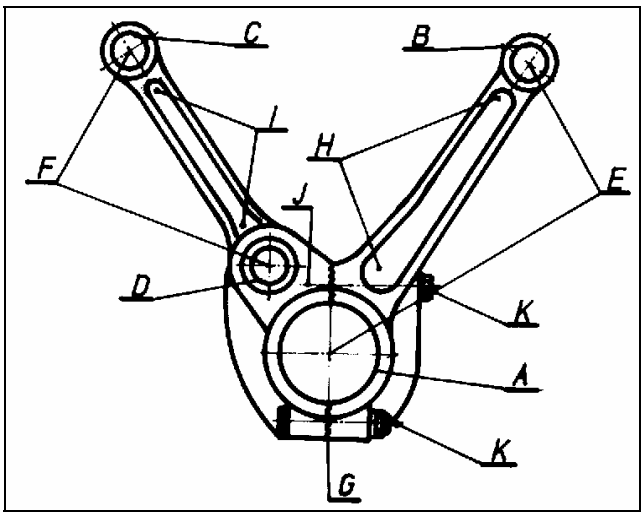
G - oštećenost naležućih površina razdvajanja klipnjače i poklopca velike pesnice,

H - prsline na glavnoj klipnjači,

I - prsline na pomoćnoj klipnjači,

J - oštećenost navojnih otvora u poklopcu velike pesnice,

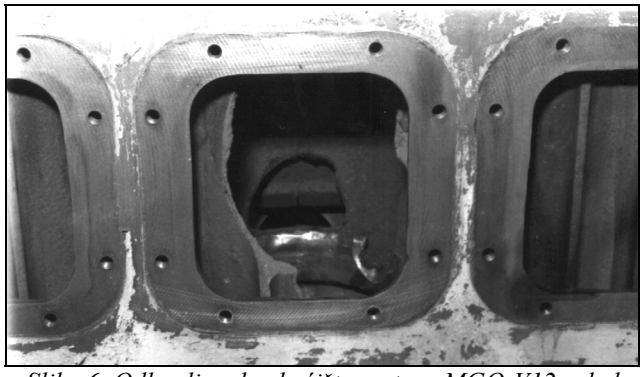
K - pohabanost, smaknutost navoja i lom zavrtnjeva za vezu poklopca sa klipnjačom.



Slika 5. Moguća oštećenja klipnjača motora MGO-V12

Savijena ili uvijena klipnjača uzrokuje delimično naleganje klipa na zidove cilindra. Posledice su: klip nema pravolinijski hod, slabije zaptivanje prostora za sagorevanje i pojačano habanje cilindra, klipa i klipnih prstenova.

Železnički, dvanaesto-cilindrični dizel motor MGO-V12 ima dvanaest cilindara u ″V″ rasporedu. U ovakvom motoru postoji po šest glavnih i pomoćnih klipnjača. Klipnjače su izrađene od termički obrađenog legiranog čelika. Pomoćne klipnjače se vezuju za poklopce velikih pesnica glavnih klipnjača pomoću osovinica. Veza između glavne klipnjače i poklopca velike pesnice ostvarivana je pomoću dva zavrtnja sa navrtkama, sa donje strane, i dva zavrtnja M16 uvrtana u poklopac, sa gornje strane (slika 5). Pri generalnom remontu motora, koji su izbačeni iz eksploatacije, uočeno je, između ostalog, pucanje poklopca klipnjače. Analize dijagnostičkih rezultata su pokazale da se inicijalna prslina prostirala između navojnih otvora u poklopcu. Posledice pucanja klipnjače su razorne: lom zidova kućišta motora (slika 6) i mehanička oštećenja cilindara, klipova i kolenastog vratila.



Slika 6. Odlomljen deo kućišta motora MGO-V12 usled pucanja klipnjače

Prihvatajući rezultate remontne dijagnostike francuski proizvođač je izvršio konstruktivne izmene klipnjača. Tako se sada klipnjače izrađuju sa produženom gornjom stranom velike pesnice na kojoj se nalaze četiri zavrtnja M16, raspoređena u dva reda po dva. Rezultat je: na remont više nisu dolazili motori sa polomljenim klipnjačama.

4.1. Regeneracija klipnjača

Pohabane i oštećene unutrašnje površine male i velike pesnice klipnjače, kao i oštećene površine razdvajanja klipnjače i poklopca velike pesnice mogu se regenerisati navarivanjem pod slojem topitelja ili vibrolučnim (elektroimpulsnim) navarivanjem sa naknadnom mehaničkom obradom površina na nominalne mere. Moguća je i primena metoda remontnih mera, kada se mehanički obrađuju (glodanjem ili brušenjem) površine razdvajanja klipnjače i poklopca velike pesnice. Pri tom se dužina klipnjače smanjuje u dozvoljenim granicama.

Nova klizna čaura, sa nadmerom, se ugrađuje u malu pesnicu klipnjače pomoću prese. Otvor ležišta male pesnice se proširuje razvrtanjem na prečnik koji odgovara klipnoj osovinici. Potom se vrši provera ovalnosti i konusnosti otvora, čije vrednosti ne smeju preći 0,01 mm. Površina otvora posle proširivanja mora biti čista, bez riseva i ogrebotina, a njegova osa upravna na bočne strane male pesnice (maksimalno odstupanje upravnosti je 0,035 mm). Ležajevi velike pesnice se biraju u podudarnosti sa dimenzijama letećih rukavaca kolenastog vratila. Obrada otvora klipnjače vrši se na specijalnim mašinama za fino bušenje.

Savijene i uvijene klipnjače se ispravljaju (plastično deformišu) pomoću specijalnih alata i pribora. Ispravljanje klipnjača je moguće samo posle zagrevanja tela klipnjače pomoću visokofrekventnih struja ili plamenom gasnog gorionika. Pri hladnom ispravljanju klipnjača se za vreme kasnijeg rada ponovo vraća u svoje prethodno (nepravilno) stanje. Radi otklanjanja zaostalih napona posle ispravljanja, klipnjače se zagrevaju u peći na temperaturi od $400 \div 450^0$C i zadržavaju na toj temperaturi 30÷60 min.

Male neprolazne prsline se mogu regenerisati zavarivanjem.

Usled plastičnih deformacija ili izvedenih regeneracijskih radova može doći do nedozvoljenog smanjenja međuosnog rastojanja otvora klipnjače. Skraćivanje klipnjače dovodi do povećanja prostora za sagorevanje, smanjenja kompresije i snage motora. Tehnološki je moguće istezanje klipnjače, ali je ovakav postupak regeneracije dozvoljeno izvesti samo jednom na jednoj klipnjači.

5. ZAKLJUČAK

Prikazani postupci regeneracije teško oštećenog bloka i kolenastog vratila železničkog dizel motora velike snage omogućavaju brz povratak remontovanog motora i celog mašinskog sistema u eksploataciju uz znatnu ekonomsku uštedu. Pored toga, produžen je radni vek motora i izbegnuta nabavka novog cilindarskog bloka i kolenastog vratila iz uvoza.

Ekonomska efektivnost regeneracije ovako skupih delova je ogromna – kreće se i do 95%.

Regeneracijom blokova, kolenastih vratila i klipnjača mogu se baviti samo specijalizovane remontne radionice.

LITERATURA

[1] Marković S., Josifović D.: "Tehno-ekonomska opravdanost regeneracije kolenastog vratila železničkog motora", Tribologija u industriji, XIX/3, septembar 1997, Kragujevac, str. 104÷109, (1997).

[2] Marković S., Josifović D.: "Konstruktivne izmene na klipnjačama železničkog motora bazirane na rezultatima remontne dijagnostike / Constructive changes on the connecting rods of the railway combustion engine based on results of the repair diagnostic", Zbornik radova za 10. međunarodnog naučnog simpozijuma "Motorna vozila i motori MVM '98", Kragujevac, 5÷7. oktobar 1998, str. 369÷372, (1998).

[3] Marković S.: "Regeneracija kolenastih vratila", OMO, broj 5, Beograd, str. 235÷240, (1998).

[4] Marković S.: "Postupci regeneracije bloka motora SUS", Zbornik radova sa XXIV Jugoslovenskog majskog skupa održavalaca sredstava rada, Herceg Novi, 31. maj÷2. jun 2000, str. 239÷245, (2000).

[5] "Uputstvo za glavnu opravku dizel motora MGO", Zajednica jugoslovenskih železnica, Beograd, (1963).

DAMAGES OF CERTAIN VITAL PARTS OF RAILWAY ENGINE MGO-V12 AND THE POSSIBILITIES OF THEIR REGENERATION

Slobodan Tanasijević, Svetislav Jovičić, Svetislav Lj. Marković

Abstract *– Some basic forms of damages of cylinder blocks, crankshafts and connecting rods of the MGO-V12 engine have been shown in the paper, as well as the procedures of their regeneration. Technological possibilities of regeneration can be most obviously seen on the case of severely damaged body of a railway diesel engine of 680 kW power.*

Key words – Railway engine, cylinder block, crankshaft, connecting rod.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

PROBLEMATIKA MONOBLOK TOČKOVA NA ELEKTROLOKOMOTIVAMA SERIJE 461 ŽELJEZNICA CRNE GORE AD

Saveljić Zoran [1]

Rezime *: U radu je analizirana problematika monoblok točkova na elektrolokomotivama serije 461 za period eksploatacije od 7 godina. Istraživani su osnovni faktori kao uzrok habanja i oštećenja monoblok točkova. Posebno su analizirani pređeni kilometri i ostali bitni elementi između obrada do zamjene monoblok točkova, da bi utvrdili eksploatacioni vijek. U zaključku su predložene mjere za smanjenje uticaja faktora na navedene pojave u eksploataciji sa ciljem da se produži eksploatacioni vijek monoblok točka.*

Ključne riječi :željeznica, elektrolokomotiva, monoblok točak, profil, habanje.

1. UVOD

Na elektrolokomotivama vlasništvo Željeznice Crne Gore bili su ugrađeni obruči (bandaži) točkova. Tokom 1996 godine došlo je do masovne pojave zakretanja obruča točkova. Neispravnost osovinskih sklopova uticala je na raspoloživost lokomotiva za potrebe eksploatacije. Na osnovu utvrđenog uzroka predloženo je da se izvrši zamjena obručenih točkova sa monoblok točkovima. Zamjena je izvršena supcesivno pri vršenju redovnih i vanplanskih opravki. Elektrolokomotive serije 461 za navedeni period vršile su vuču vozova na pruzi Bar – Podgorica – Bijelo Polje.

2. EKSPLOATACIONE KARAKTERISTIKE PRUGE PODGORICA – BIJELO POLJE

Željeznička pruga Podgorica – Bijelo Polje prolazi kroz brtsko – planinska područja, što je stavlja u red teških brtskih pruga u Evropi.

Širina kolosijeka	1435 mm
Dužina pruge	117 km
Najveći uspon – pad	25 ‰
Dužina pruge u usponu	57,85 km
Minimalni radijus krivine R	300 m
Dužina pruge u krivinama R 300 ÷ 500	52,15 km

Nadmorska visina stanica :

Podgorica	51,0 n/m
Kolašin	1027,0 n/m

Materijal šina :

Na pruzi su ugrađene srednje tvrde šine, zatezne čvrstoće 680 N/mm^2, a u krivinama tvrde šine zatezne čvrstoće 880 – 920 N/mm^2.

3. UTICAJ FAKTORA NA HABANJE I OŠTEĆENJE MONOBLOK TOČKOVA NA ELEKTROLOKOMOTIVAMA SERIJE 461

3.1. Habanje monoblok točkova

Težnja za znatnim povećanjem brzina i opterećenje željezničkih vozila zahtjeva da se sagleda karakter trenja koji utiče na habanje u sistemu " točak – šina ". Na habanje točkova utiče veliki broj faktora koji su različiti po svojoj prirodi i karakteru djelovanja.

3.2. Profil točka

Specifičnost profila točka željezničkog vozila i šine predstavlja osobenost željezničkog saobraćaja.

Izbor odgovarajućeg profila točka i šine je da omogući usporeno habanje i time omogući duži eksploatacioni vijek. Produženje eksploatacionog vijeka točka i šine smanjuje troškove održavanja.

3.3. Uticaj faktora na habanje točkova

Faktori koji utiču na habanje monoblok točkova mogu se podijeliti u pet grupa :

- parametri voznog parka
- parametri gornjeg stroja pruge
- uslovi eksploatacije
- klimatski uslovi
- uticaj konstruktivnih materijala točka i šine

3.3.1 Parametri voznog parka

Parametri voznog parka koji utiču na habanje vijenca točkova u različitim uslovima i okolnostima imaju i različit značaj : vrsta lokomotive,vrsta vuče, razmak osovinskih sklopova u postolju, položaj obrtnih postolja pri vožnji voza. osovinsko opterećenje, brzina kretanja točka .

3.3.2 Parametri gornjeg stroja pruge

Na veličinu habanja u sistemu " točak – šina " utiču različiti elementi : profil šina, proširenje i nadvišenje kolosijeka u krivini, poluprečnik krivina kolosijeka,

[1] Zoran Saveljić,dipl.maš.ing., Podgorica, zarko-p@cg.yu

produženje nivelete kolosijeka, materijal šine i lokalni uslovi.

3.3.3 Uslovi eksploatacije

Glavni činioci koji utiču na habanje vijenca točka su sledeći :

- kočenje voza
- stanje pruge
- osobine konstrukcije lokomotive
- održavanje lokomotive

3.3.3.1 Kočenje voza

Točak železničkog vozila kočenog kočnicama sa papučama u eksploataciji trpi značajna termička opterećenja. U kontaktu kočne papuče i površine kotrljanja točka, kinetička energija vozila pretvara se u toplotnu i veoma visokom procentu prenosi na točak. Kao posledica toga temperatura točka raste i pri dugotrajnim kočenjima u cilju održavanja konstatne brzine kretanja voza na padu, često dostiže vrijednost za koje pojava inicijalnih prskotina na obodu točka postaje vjerovatna. Papuča u odnosu na površinu kotrljanja točka može zauzeti sledeće položaje :

prvi kada je kočna papuča uz vijenac točka i utiče na habanje istog

drugi kada je kočna papuča uz spoljnju ivicu točka i utiče na habanje gazne površine.

treći nepravilan kada papuča prelazi izvan površine kotrljanja, prouzrokuje dodatno termičko naprezanje. Usled termičkog opterećenja dolazi do pojave inicijalne prskotine, a samim tim i loma točka sa teškim posledicama za bezbjednost saobraćaja.

3.3.3.2 Stanje pruge

Pruga Podgorica – Bijelo Polje građena je u brtsko – planinskom području sa usponima, dugim padovima, nepovoljnim radijusima krivina, ugrađenim tvrdim šinama u krivinama što zajedno sa održavanjem lokomotive pruge utiču na habanje točka i šine.

3.3.3.3 Osobine konstrukcije lokomotive

Na lokomotivama serije 461 ugrađena su duža troosovinska postolja. Troosovinska postolja sa velikim razmakom osovinskih sklopova unutar obrtnog postolja

(4350 mm) imaju duži krak, radi toga i veći ugao nalijetanja točka na šinu. Usled većeg ugla nalijetanja točka na šinu je i veća sila vođenja .Povećanje sile ima uticaj na povećano habanje vijenca točka, kao i opterećenje šine i materijala za njeno pričvršćivanje.

Obrtna postolja povezana su sa poprečnom spojnicom. Zadatak poprečne spojnice je da smanji ugao naleta točka vodećeg osovinskog sklopa, a poveća ugao naleta drugog odnosno trećeg osovinskog sklopa, i time smanji habanje vijenca točkova na vodećem osovinskom sklopu.

3.3.3.4 Održavanje lokomotiva

Ravnomjernost i intezivnost habanja točkova u eksploataciji zavisi od ispravnosti sklopova, elemenata, uređaja, čija se ispravnost provjerava prema propisanim veličinama, odnosno graničnim mjerama.

Razlika prečnika kotrljanja točkova istog osovinskog sklopa, u istom obrtnom postolju i između točkova dva obrtna postolja predviđena je propisima JŽ.Posledica nepoštovanja ovih graničnih mjera dovodi do pojave nesimetričnog habanja, odnosno intezivnijeg habanja točkova sa manjim prečnikom kotrljanja.

Provjera osovinskog opterećenja osovinskog sklopa odnosno točkova vrši se kod redovnih i vanplanskih opravaka. U ovim slučajevima ugrađuju se novi " gumeni elementi " koji su tokom eksploatacije podložni promjenama karakteristika usled : starosti elemenata, uticaja vremenskih uslova, podešenosti razmaka između kućišta osovinskih ležaja i okvira postolja.

Promjena karakteristika gumenih elemenata u odnosu na točkove osovinskog sklopa utiču na neravnomjernost osovinskog opterećenja, a time i na intezivnije habanje točkova. Da bi se otklonio ovaj uzrok potrebna je pravilna raspodjela masa.

Neparalelnost osovinskih sklopova u obrtnom postolju uzrok je nalijetanja vodećeg točka na šinu pod većim uglom, što utiče na pojavu nesimetričnog habanja, odnosno intezivnijeg habanja na strani gdje su točkovi bliži jedan drugom.

Na održavanje graničnih mjera zazora, kao i ugradnja neodgovarajuće poprečne spojnice dovodi do pojave nesimetričnog habanja točkova.

Ramovi obrtnih postolja usled dugogodišnje eksploatacije u teškim uslovima pretrpjeli su određene deformacije i oštećenja, koji dovode do poremećaja geometrije, odnosno graničnih mjera. Pri vršenju opravki kvalitetno se ne mogu sanirati sva slaba mjesta, tako da se u eksploataciji pojavljuju oštećenja koja koja utiču na geometriju. Neispravnost rama obrtnog postolja utiče na neravnomjerno habanje točkova.

Ispravnost sistema za podmazivanje vijenca točkova utiče na smanjenje trenja između točka i šine. Smanjenjem trenja smanjuje se sila, a time i habanje točkova. Druge Železničke Uprave posvećuju posebnu pažnju ispravnom funkcionisanju sistema za podmazivanje, jer omogućuje povećanje pređenih kilometara. Održavanje ispravnosti sistema za podmazivanje vijenca točkova se višestruko isplati.

Ispravnost elektrodinamičke kočnice utiče na smanjenje oštećenja točkova, kao i potrošnju papuča na vozilima u vozu.

3.3.3.5 Klimatski uslovi

Od klimatskih uslova najvažniji je uticaj vlažnosti vazduha, što je u direktnoj vezi sa trenjem između točka i šine. Na povećanje habanja vijenca točka djeluje temperatura okoline, čije povećanje djeluje na intezivnije habanje vijenca točka.

3.3.3.6 Parametri konstruktivnih materijala točka i šine

Vrlo bitan faktor habanja točka i šine je odnos kvaliteta materijala od kojih su napravljeni, pa izbor treba biti takav da stvara najmanje troškove održavanja. Materijal za izradu monoblok točka propisan je objavom UIC 812 – 3, zatezne čvrstoće 950 – 1050 N/mm^2.Na elektrolokomotivama ugrađeni su monoblok točkovi kvaliteta R 9, termički obrađeni, proizvođača THYSSEN, Njemačka.

Železničke šine izrađuju se od čelika zatezne čvtstoće 680 – 900 N/mm^2, a izuzetno do 1300 N/mm^2. Izrada šina propisana je UIC propisima. Na našoj mreži upotrebljavaju se srednje tvrde šine, zatezne čvrstoće 630 N/mm^2, a u krivinama šine zatezne čvrstoće 950 – 1050 N/mm^2, tvrde šine. Ugradnjom tvrdih šina u krivinama utiče se na intezivnije habanje vijenca točkova.

4. OŠTEĆENJE TOČKOVA

Oštećenja na točkovima javljaju se u eksploataciji kao posledica djelovanja sila i naprezanja u materijalu izazvano njihovim djelovanjem. Na naprezanje materijala točka najviše uticaja ima : naravnomjernost opterećenja po točku, obimna brzina točka, djelovanje vodećih sila u dodiru točka i šine, pokretanje, vožnja i zaustavljanje voza. Posledica djelovanja ovih naprezanja na točku utiče na pojavu sledećih oštećenja :

4.1. Ljuskavost materijala na površini kotrljanja

Usled djelovanja opterećenja na točak, dodir točka i šine ostvaren je na maloj površini elipsastog oblika. Raspodjela napona na mjestima nehomogenosti materijala ispod dodirne površine izaziva : stvaranje površinskih pukotina, otvrdnjavanje i plastične deformacije materijala na dodirnoj površini, koja se lomi iznad površinske pukotine i odvaja se u obliku ljuske.

4.2. Zavarne i ravne površine

Intezivnim kočenjem obimna brzina se smanjuje ili je jednaka nuli. Posledica ovakvog načina kočenja je :

- zagrijavanje točkova na površini kotrljanja na temperaturu višu od temperature metalne transformacije
- pojava zavarenih mjesta na površini kotrljanja
- blokiranje točkova utiče na pojavu ravnih površina

4.3. Prskotine na obodu točka

Djelovanjem papuče van površine kotrljanja točka dolazi do porasta temperature koja se u visokom procentu prenosi na tijelo točka, koja dovodi do inicijalne prskotine na obodu točka, a samim tim i loma točka s teškim posledicama za bezbjednost saobraćaja.

Tabela 1 – Eksploatacioni podaci po obradama MT do ZMT ***

Naziv	Obrada monoblok točkova					ZMT
	I	II	III	IV	V	
1	2	3	4	5	6	7
Br. lokomotiva na obradi	17	16	14	11	3	15
Pređeni km između dvije obrade	3055422	1374413	801153	736256	150247	790384
Ukupno pređeni km do ZMT	3055422	4713531	5230689	5966944	6117191	6907575
Prosječno pređeni km između dvije obrade točkova	179730	85882	47126	43309	8837	46493
Prosječno trajanje monoblok točka u eksploataciji (km)						**406327**
Lokomotiva sa najviše pređenih km između dvije obrade točkova i ZMT	461-039 301052	461-026 167068	461-045 82374	461-036 81019	461-031 39043	461-042 538000
Lokomotiva sa najmanje pređenih km između dvije obrade točkova i ZMT	461-037 74196	461-039 37011	461-044 7922	461-037 27000	461-036 33448	461-029 300000
Prosječni prečnik kruga kotrljanja po obradi MT	1226,98	1203,08	1180,52	1162,11	1143,71	-
Prosječno smanjenje prečnika kruga kotrljanja po obradi MT	23,02	23,90	22,56	18,41	18,40	-
Prosječno smanjenje poluprečnika po obradi MT	11,51	11,95	11,28	9,20	9,20	
Prosječno smanjenje poluprečnika po IV obradi MT						**40,79**
Specifična potrošnja MT mm / 10^5 km						**10,04**

* Umjesto monoblok točak - MT
** Umjesto zamjene monoblok točka - ZMT

5. ANALIZA PONAŠANJA MONOBLOK TOČKOVA UGRAĐENIH NA ELEKTRO - LOKOMOTIVAMA SERIJE 461 TOKOM EKSPLOATACIJE

Analizom ponašanja monoblok točkova u eksploataciji analizirani su podaci provjerom mjera i stanja točkova na osnovu " podataka o dimenzijama obruča " i po izvršenim obradama točkova. Pri izradi analize usmjeren je akcent na glavne činioce koji utiču na habanje i eksploatacioni vijek točkova, od kojih su najvažniji sledeći :

- pređeni kilometri
- karakteristike habanja vijenaca točkova
- karakteristike oštećenja točkova
- ispravnost uređaja za podmazivanje vijenca točkova
- održavanje lokomotiva

5.1. Pređeni kilometri

Analiza pređenih kilometara rađena je po periodima upućivanja lokomotiva na obradu točkova u toku eksploatacije do zamjena monoblok točkova .

Na osnovu pređenih kilometara do zamjene monoblok točkova i ostvarenih prosječnih prečnika kruga kotrljanja po izvršenim obradama monoblok točkova u toku eksploatacije, predočeni su eksploatacioni podaci o ponašanju točkova za period od 7 godina (prikazani su u tabeli 1).

Analizom pređenih kilometra između obrada točkova utvrđene su sledeće činjenice :

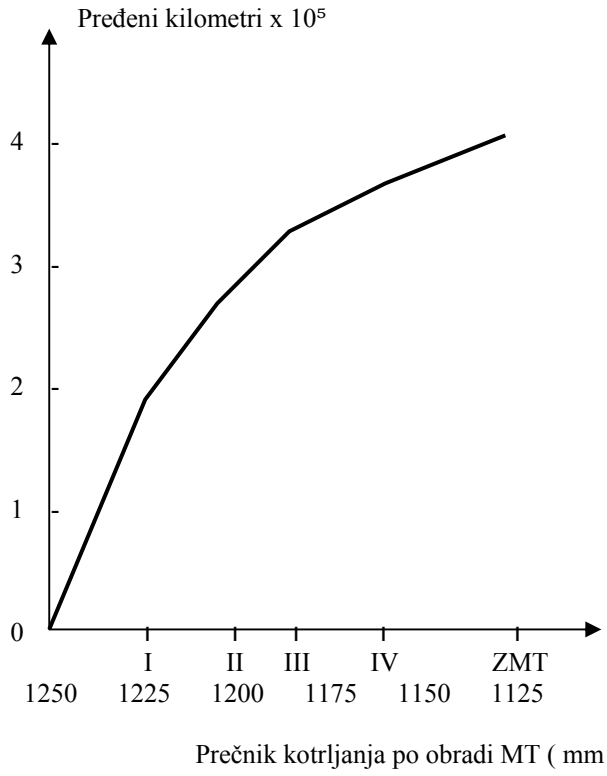
-Lokomotive su period od 7 godina, ostvarile 6 908 000 kilometara. Obrada točkova izvršena je 61 put na lokomotivama u četiri ciklusa do zamjene monoblok točkova.

-Lokomotive su do zamjene monoblok točkova prosječno prešle 407 000 kilometara

-Specifična potrošnja monoblok točka je 10,04 mm/10^5 kilometara

Pređeni kilometri do prve obrade točkova imaju linearan porast. Između sledećih obrada točkova pređeni kilometri degresivno opadaju što je prikazano na dijagramu slike 1.

Ovu pojavu sagledaćemo kroz ponašanje materijala točka, termički obrađenog, od kojeg je točak napravljen.Monoblok točkovi termički obrađeni omogućavaju da površinski sloj ima povećanu otpornost na habanje, što omogućava da do prve obrade imaju linearan porast pređenih kilometara. Kod sledećih obrada točkova, pređeni kilometri se degresivno smanjuju. Uočene razlike mogu se objasniti jedino pretpostavkom da se dubina termičkog sloja smanjuje a time i tvrdoća obrađenog sloja koja utiče na povećano habanje, odnosno smanjenje pređenih kilometara.



Slika 1. Prosječno pređeni kilometri po obradi MT do ZMT

5.2. Karakteristike habanja vijenca točkova

Smanjenje debljine vijenca točkova tokom eksploatacije je u funkciji pređenih kilometara i prečnika kotrljanja po obradi točkova analizirano je na lokomotivi 461-035.

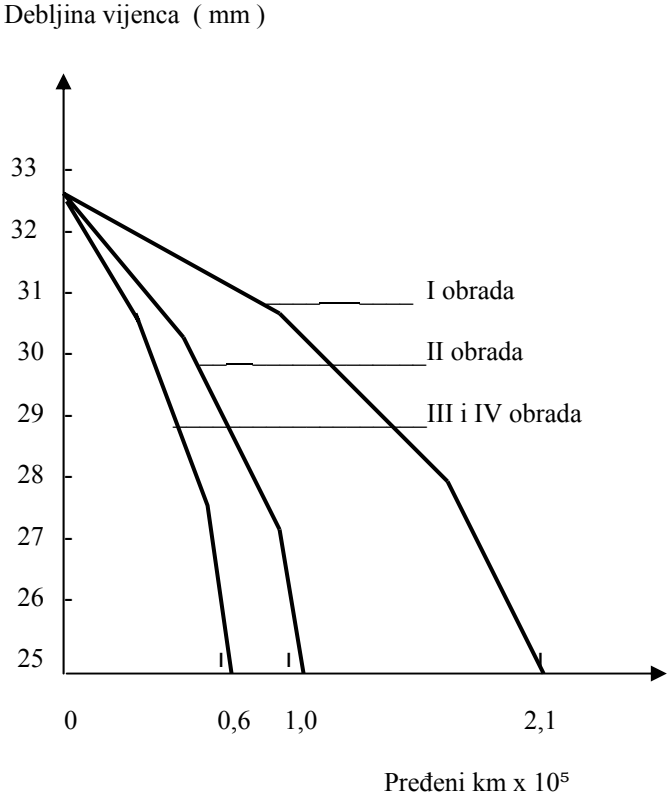
Analizom podataka o smanjenju debljine vijenca točkova pri obradi konstatovane su sledeće činjenice :

Vijenci točkova vodećih osovinskih sklopova (I i VI) izrazito se više habaju od ostalih osovinskih sklopova u jednom obrtnom postolju. Smanjenje debljine vijenca točkova III i IV osovinskog sklopa je manje u odnosu na točkove vodećih osovinskih sklopova. Smanjenje debljine vijenaca točkova II i V osovinskih sklopova u toku eksploatacije ima neznatno habanje vijenaca točkova u odnosu na ostale osovinske sklopove unutar obrtnog postolja.

Neravnomjernost habanja vijenca točkova je izražena na točkovima istog osovinskog sklopa, kao i kod unakrsnog habanja vijenaca točkova u istom obrtnom postolju.

Osnovni kriterijum za upućivanje na obradu točkova je debljina vijenca veća od 25 mm.

Smanjenje debljine vijenaca točkova intezivnije je po izvršenim obradama točkova. Ostvareni prečnik kotrljanja točka je u funkciji smanjenja debljine vijenca točka po obradi i utiče na pređene kilometre kako je prikazano na dijagramu slika 2.



Slika 2. Pređeni kilometri u funkciji smanjenja debljine vijenca po obradi točkova (I i VI) osovinskih sklopova

6. OŠTEĆENJE TOČKOVA

U navedenom periodu eksploatacije navedeni faktori su uticali na sledeće pojave oštećenja točkova :

- Zagrijanost i promjena boje točkova
- Ljuskavost površine točka
- Zavarenost i ravne površine točka
- Prskotine na obodu točka

Pregledom točkova lokomotive u navedenim slučajevima oštećenja točka, utvrđuje se uzrok, stepen oštećenja i način sanacije neispravnih mjesta.

Preventivnim pregledom točkova lokomotiva ustanovljeno je na tri lokomotive pojava prskotina u radijalnom smjeru. Prskotine su utvrđene na srednjim osovinskim sklopovima što je prikazano u tabeli 3.

Tabela 3 Prskotine na monoblok točkovima

Serija i br. lokomotiva	Br. osovine i strane	Debljina tijela (mm)	Obrada točkova	Pređeni kilometri
461-040	V-D	71,5	III	397 000
461-027	V-D	62,0	III	429 000
461-043	II-L	70,5	IV	476 000

Prskotine na obodu točka su nastale kod debljine tijela točka od 60 do 70 mm poslije treće odnosno četvrte obrade .Monoblok točkovi su do pojave prskotina u prosjeku ostvarili 430 000 kilometara

Radijalne prskotine na obodu točka su posledice prekomjernog zagrijavanja usled nepravilnih položaja kočionih papuča koje su prouzrokovale visoke temperature koje su dovele do inicijalnih prskotina

Kod točkova kod kojih su bila oštećenja na profilu, a utiču na bezbjedan rad lokomotive, isti su upućivani na obradu. U slučajevima prskotina koje bi dovele do loma točka, lokomotive su isključivane iz daljnje eksploatacije.

7. ODRŽAVANJE LOKOMOTIVA

U toku eksploatacije javljaju se nepravilnosti (kvarovi) koji su uticali na intezivnost habanja i oštećenja točkova osovinskih sklopova, i to :

- neregularan položaj kočne papuče u odnosu na spoljnju ivicu točkova
- neispravnost profila točkova
- oštećenja rama obrtnog postolja
- poremećaj zazora gumenih elemenata
- oštećenje poprečne spojnice
- zagrijanost točkova
- prskotine na obodu točkova

Po izvršenim opravkama vrše se podešavanje i provjeravanje graničnih mjera koje obezbjeđuju dovođenje lokomotive u ispravno stanje. Zbog ne postojanja postrojenja za raspoređivanje masa (vage), isto nije vršeno.

8. OBRADA MONOBLOK TOČKOVA

Osnovni cilj obrade profila monoblok točkova je da se saniraju posledice habanja i oštećenja, prema propisanim graničnim mjerama, koje će obezbijediti bezbjednu eksploataciju osovinskih sklopova.

Obrada točkova vršena je u radioničkim kapacitetima koji posjeduju podpodni strug za obradu bez izvezivanja osovinskih sklopova.

Analizirajući podatke po izvršenim obradama monoblok točkova osovinskih sklopova na elektrolokomotivama serije 461, akcent je dat na obrađene mjere profila točka.

- Razlika prečnika kruga kotrljanja po obradi monoblok točkova je urađena u dozvoljenoj toleranciji 0,5 mm. Obrade točkova elektrolokomotiva serije 461 koje su vršene u određenim destinacijama su definisane sa zajedničkim prečnikom kotrljanja za obadva točka na istom osovinskom sklopu tako da se ne može utvrditi ostupanje u prečnicima kotrljanja .
- Razlika u prečnicima kruga kotrljanja u jednom i između dva obrtna postolja je uglavnom izvršena po propisanim mjerama , osim kod lokomotive 461-035.

Načinom ovakve obrade profila točkova proouzrokovano je drastično smanjenje prečnika kotrljanja točkova osovinskih sklopova kako je prikazano u tabeli 4.

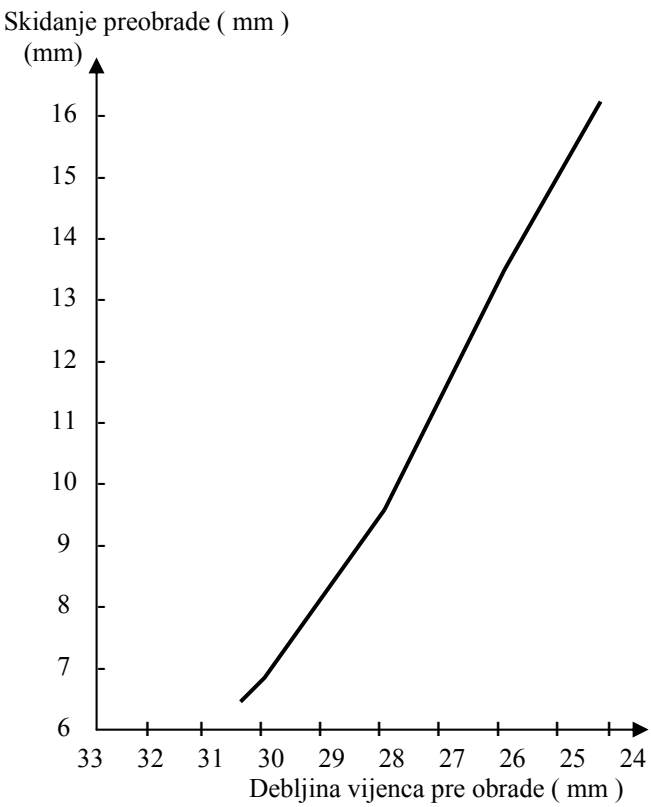
Tabela 4 Razlika prečnika kotrljanja po obradi točkova na lok 461-035.

Obrada točkova	Razlika prečnika kruga kotrljanja točkova	
	Vodeći osovinski sklop (VI)	Prosječni prečnik kruga kotrljanja
I	51	38,4
II	29	27,8
III	26	31,2

Primjenom ovakvog načina obrade monoblok točkova a nepoštujući dozvoljenu razliku prečnika kruga kotrljanja točkova između dva obrtna postolja (25 mm), uticalo je na nemogućnost izvršenja pete obrade.

- Razlika u debljini vijenca se pojavljivala na točkovima vodećih osovinskih sklopova od 1 do 1,5 mm.
- Visina vijenca, q mjera, se obrađivala prema propisanim graničnim mjerama po obradi točkova.

Na osnovu praktičnih iskustava iz eksploatacije i primjenjujući iskustva drugih Željezničkih Uprava obrada točkova u ovisnosti o debljini vijenca točkova prikazana je na dijagramu sl 3.



Slika 4. Ovisnost potrebne debljine skidanja tijela točka o debljini vijenca pre obrade

Na temenju prikazanih rezultata iz dijagrama očito je da se vožnjom do minimalne dozvoljene debljine vijenca točka omogućuje veći broj obrada, pa je daleko ekonomičnije točkove obraditi ranije. Optimalna vrijednost za obradu je između 27 – 28 mm debljine vijenca točkova, pa je potrebno u praksi, koliko je moguće, toga se i pridržavati . Na ovaj način obrade točkova produžava se eksploatacioni vijek, odnosno lokomotiva će preći više kilometara .

9. ZAKLJUČAK

Na osnovu analize problematike monoblok točkova na elektrolokomotivama serije 461 Željeznica Crne Gore imajući u vidu faktore koji utiču na proces habanja i oštećenja monoblok točkova, mogu se izvesti sledeći zaključci :

- Obradu oštećenog profila usled habanja ili oštećenja točkova obavljati prema propisanim graničnim mjerama .
- Obradu točkova obavljati kada je debljina vijenca 27 – 28 mm, čime će se postići ušteda u skidanju materijala površine kotrljanja .
- Sagledati mogućnost da se uvode ekonomične obrade točkova vučnih vozila prema standardima " međuprofil obruča i monoblok točka " JŽS V1.026, koji služi kao osnova za primjenu ovog postupka .
- Da bi se spriječile pojave oštećenja točkova u eksploataciji posvetiti posebnu pažnju položaju papuče prema površini kotrljanja točka .
- Da ne bi došlo do pojave inicijalnih prskotina, a time i do loma monoblok točkova potrebno je kod točkova kod kojih se pojavila pregrijanost i promjena boje vršiti mjerenje i evidentirati unutrašnje napone u točkovima .
- Obavezno vršiti zamjenu mjesta osovinskih sklopova vodećih sa srednjim osovinskim sklopovima, i to po mogućnosti kad je debljina vijenca >26 mm što će omogućiti duži vijek svih osovinskih sklopova koji su ugrađeni na lokomotivi .
- Sistem za podmazivanje vijenca točkova kao što je navedeno u materijalu održavati u ispravnom stanju. Uštede su velike i na točkovima, tako i na šinama.
- Održavanje lokomotiva vršiti putem provjera graničnih mjera a posebno preduzeti mjere da se vrši propisana raspodjela masa na točkove .
- Osposobiti elektrodinamičke kočnice za ispravan rad na dugim padovima. Postignute uštede na željezničkim vozilima će opravdati uložena sredstava .
- Putem školovanja osoblje vuče, upoznati iste sa načinom "naizmjeničnog kočenja" na dugim padovima jer na taj način će se spriječiti pojave zagrijanosti točkova, a time i sve posledice koje proizlaze u ovoj oblasti .
- Na pruzi u krivinama ugraditi stabilne mazalice za mazanje unutrašnje bočne ivice šine. Postignute uštede, kao i kod sistema za podmazivanje, su od neprocijenjene vrijednosti

Predloženi zaključci imaju za cilj da u eksploataciji omogući povoljnije i bezbjednije uslove koji će uticati na povećanje pređenih kilometara, a time i produženje eksploatacionog vijeka monoblok točkova .

LITERATURA

[1] Prof.dr.Relja V. Jovanović Osovinski sklopovi željezničkih vozila Saobraćajni institut – Yugo Danone Beograd.
[2] Komisijski izvještaj o problematici bandaža na elektrolokomotivama 461 u JPŽ Crne Gore oktobar 1996 godine.
[3] Saveljić Zoran i Pušica Žarko "Analiza obrade profila točkova osovinskih sklopova na vučnim vozilima Željeznica Crne Gore, 2003 godine.
[4] Stanje odnosa šine – točka na JŽ sa predloženim rješenjima, knjiga 4 CIP RO Centar za istraživanje i projektovanje Beograd, OOUR Studija i istraživanje u saobraćaju oktobar 1992 godine.

SOLID WHEELS ON MONTENEGRO RAILWAYS ELECTRIC LOCOMOTIVES 461 SERIES AND ITS PROBLEMS

Zoran Saveljić

Summary : *This paper analyses the problems in operation of the block – braked solid wheels on electris locomotives of the serial 461 for the 7 – year exploitation period. The basic factors, which cause of wearing out and damage of block – braked solid wheels, have been researched. The attention has been paid on passed kolimetres and other important elements between the treatment and replacement of block – braked solid wheels in order to determine the expolitation duration. The actions aimed to reduce the impact of the factors on mentioned developments in exploitation, aimed to extend the duration period of block – braked wheels, have been suggested in the conclusion .*

Key words : railways, electrict locomotive, block – braked solid wheel, prifile, wearing out and damage.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04
2004

SISTEM ZA PRAĆENJE PREGREJANOSTI OSOVINSKIH LEŽAJEVA TERETNIH KOLA

Saša Milić [1], Stanko Đorđević [2]

Rezime *– U radu je prikazan sistem za beskontaktno i besprekidno praćenje temperature osovinskih ležajeva teretnih kola i služi za blagovremeno otkrivanje i alarmiranje neispravnosti ležajeva (usled povišene temperature) osovinskih sklopova, koji mogu dovesti do havarije u toku kretanja voza. Koncepcija mernog sistema se bazira na beskontaktnom merenju apsolutne temperature točka teretnih kola u pokretu u realnim uslovima eksploatacije. Temperatura poklopca ležišta se meri beskontaktno infracrvenim (IC) detektorom koji se nalazi u okviru mernog mesta pored pruge. Sistem je primenljiv u srpskoj železnici.*

Ključne reči – temperatura, osovinski ležaj, železnica.

1. UVOD

Rad se bavi problematikom daljinske kontrole i beskontaktnog merenja temperature osovinskih ležajeva teretnih kola u pokretu. U osnovi je razvijen sistem za merenje infracrvenog zračenja kao mere temperature [4], [5]. U radu su dati: stuktura mernog sistema, princip rada, prikaz funkcionalnih sklopova i verifikovani rezultati sistema u realnoj eksploataciji na pruzi kao i konkretan slučaj pronalaženja pregrejanog ležaja upotrebom ovog sistema. Kompletan sistem je nastao kao rezultat domaćeg razvoja [6] u Institutu Nikola Tesla u Beogradu.

Temperatura osovinskog ležaja je veoma važan parametar na osnovu koga se procenjuje stanje samog ležaja. Posebna prednost ove beskontaktne metode i daljinskog nadzora je i u tome da se kompletno merenje i nadzor odvija u realnom vremenu i bez prekidanja procesa proizvodnje, odnosno transporta. Potreba za ovakvim nadzorom i merenjem je višestruka. Sa ekonomskog aspekta, na ovaj način se produžava vek eksploatacije ležajeva osovinskih sklopova i omogućuje postepena zamena prvo onih ležajeva koji se u tekućoj eksploataciji zagrevaju iznad očekivane temperature i nije neophodno vršiti zamenu odjednom svih ležajeva čiji je garantovani vek eksploatacije prošao. U širem smislu posmatrano, ovaj sistem smanjuje verovatnoću havarije na teretnim kolima koja bi bila prouzrokovana pregrejanošću osovinskog ležaja. Ukratko, navedeni sistem služi za blagovremeno otkrivanje i alarmiranje neispravnosti ležajeva kao delova osovinskih sklopova

2. TEHNNIČKI ASPEKT ŽELEZNIČKOG TRANSPORTA U TE "NIKOLA TESLA"

Za potrebe proizvodnje električne energije u Termoelektranama "Nikola Tesla" u Obrenovcu, godišnje se teretnim kolima serije "F" preveze između 22000000t i 25000000t uglja iz ugljenokopa Kolubarskog basena. Imajući u vidu ukupan broj teretnih kola, stalni broj kola u kompoziciji, tekuće i remontno održavanje kao i rastojanja od utovarnih do istovarnih mesta i na TENT-A i na TENT-B, prosečan broj pretrčanih kilometara po kolima je oko 100000km/god. Teretna kola serije Fb tipa ARBEL (po francuskoj licenci izrađena u Fabrici vagona u Kraljevu) imaju osovinske slogove sa valjkastim ležajevima WJ i WJP (120x240x80)mm (slika br.6). U literaturi [9] je dat podatak da proizvođač za navedeni tip ležaja daje garanciju od 2000000 pretrčanih kilometara. Neki evropski, manje poznati proizvođači, garantuju 600000 pretrčanih kilometara. Nama nije poznato da je neko od proizvođača ležajeva ispitivao u svojim laboratorijama vek trajanja ležaja do razaranja tako da oslanjanje na date garantovane rokove nije pouzdano.

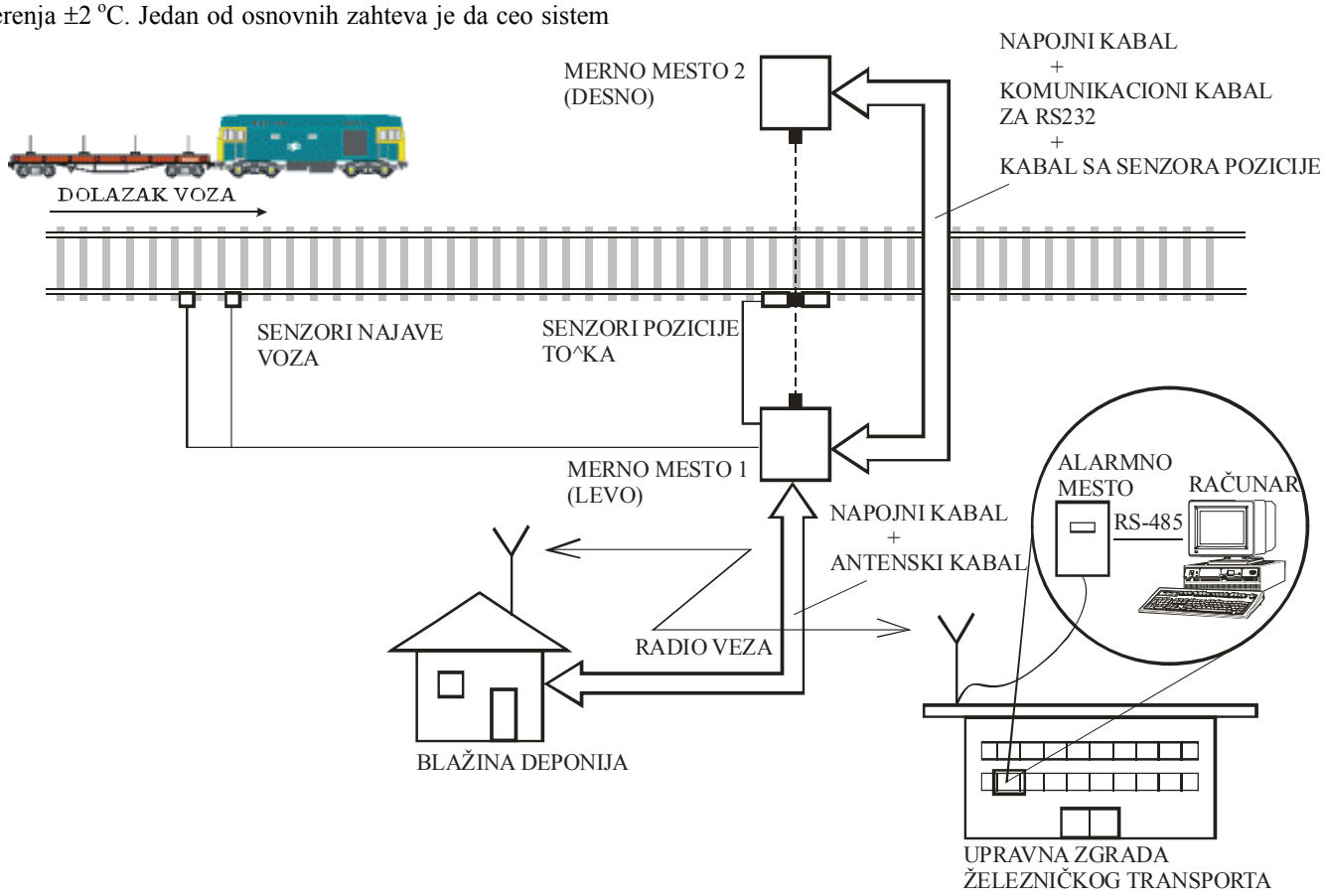
Imajući u vidu da vek trajanja ležaja, pod uslovima redovnog i pravilnog održavanja i upotrebe, može biti i znatno iznad garantovanog, postavilo se pitanje stvarnog roka trajanja. Jedno od rešenja se nudi i kroz upotrebu sistema za praćenje i kontrolu pregrejanosti osovinskih ležajeva točkova teretnih kola koje je razvio i proizveo Institut "Nikola Tesla" iz Beograda. Jedan od ovih sistema je već u eksploataciji na TE "Nikola Tesla" u Obrenovcu. Drugi sistem je u proizvodnji i pripremi za ugradnju. Predviđena je instalacija 4 ovakva sistema: dva utovarna mesta i dva istovarna mesta (po jedan sistem na svakom od njih). Ovakav prostorni raspred budućih instaliranih navedenih sistema za merenje temperature je odgovarajući ako se uzme u obzir da je dužina pruge 36km i da svaka kompozicija napravi do 4 obrta dnevno (ulaz i izlaz iz istovarne stanice) što predsravlja dovoljno merenja, sa gledišta blagovremene intervencije, čak i nepovoljnom slučaju kada je već započeo havarijski proces ležaja.

3. PRAKTIČNA REALIZACIJA MERNOG SISTEMA

Koncepcija mernog sistema se bazira na beskontaktnom merenju apsolutne temperature poklopca ležaja točka teretnih kola u pokretu (3km/h do 40km/h) u uslovima velike promene ambijentne temperature (–40°C do +70°C), velikih elektromagnetskih smetnji (elektrovučna lokomotiva sa napojnom mrežom od 25kV), vibracija, prašine pored pruge i vremenskih uslova (sunce, kiša, sneg). Temperatura ležišta se meri beskontaktno infracrvenim (IC) detektorom koji se nalazi u okviru

[1] mr. Saša Milić, dipl.ing, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, s-milic@ieent.org
[2] Stanko Đorđević, dip.ing, ŽT JP TENT

mernog mesta pored pruge. Sistem za detekciju temperature ležišta mora da obezbedi pouzdano merenje apsolutne temperature ležišta u opsegu od 40°C do 125°C sa tačnošću merenja ±2 °C. Jedan od osnovnih zahteva je da ceo sistem može da radi besprekidno i autonomno tj. bez opslužioca. Sistem je postavljen na tri prostorno različite lokacije (slika br.1).



Slika br.1 Prostorni raspored mernog sistema

Pored same pruge, na ulazu u stanicu Obrenovac postavljeni su merni optičko-elektronski uređaji za merenje temperature i potrebni senzori za kontrolu ukupnog mernog procesa. Na istovarnoj stanici kod otpravnika 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.

Kompletno praćenje procesa merenja, beleženje svih rezultata merenja i *kvitiranje* eventualnog alarma na alarmnom mestu se prati preko računara koji je prostorno lociran u zgradi CDU (centar daljinskog upravljanja).

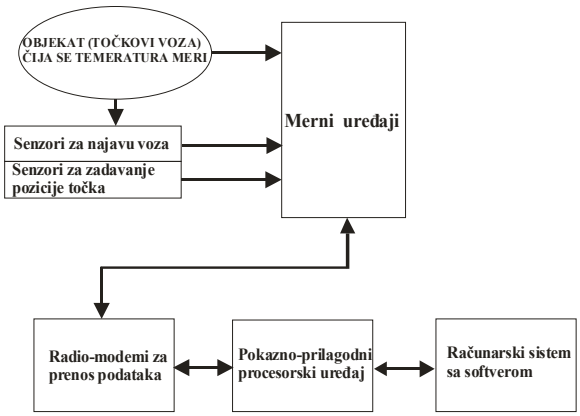
Na slici br.2 je data osnovna blok-šema celog mernog sistema. Merni uređaj je deo celog mernog sistema koji je instaliran pored same pruge na mernom mestu na kome se vrši samo merenje i predstavlja složenu sintezu optičkih, mehaničkih, elektronsko-mernih, senzorskih, procesorskih i telekomunikacionih sklopova.

3.1. Glavni delovi mernog sistema

Glavni delovi sistema su dati u blok šemi na slici br.2.

Objekat merenja predstavljaju poklopci kućišta osovinskih ležajeva točkova teretnih kola čija se temperatura meri.

Merni uređaji se postavljaju na mernom mestu sa obe strane pruge i služe za merenje, izračunavanje, evidentiranje i slanje svih potrebnih podataka. Merni uređaj, u osnovi, koristi senzore infracrvenog zračenja [3], [7].



Slika br.2 Osnovna blok šema celog sistema

Senzori za najavu voza se postavljaju na rastojanju od 100m od mernog mesta i služe za najavu i odjavu voza (da bi merni sistem imao dovoljno vremena da se pripremi za merenje – bar 5 sekundi i više) a u cilju detekcije pravca kretanja voza (da li voz ulazi ili izlazi iz stanice).

Senzori za zadavanje pozicije točka (Siemens - RSE45) su magnetskog tipa povezani u jednu mehaničku celinu. Služe da definišu poziciju točka u prostornoj zoni merenja i vremenski interval u kome se vrši merenje temperature, odnosno vreme u kome se dobijeni merni

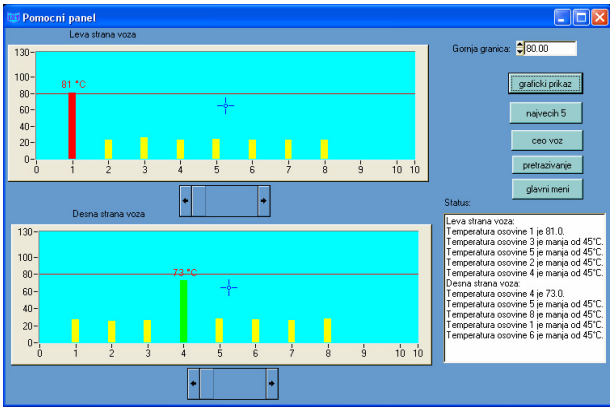
signal sa infracrvenog senzora uzima kao željena mera temperature.

Radio – modemi (Radio data – T96SR) se postavljaju i na mernom i na kontrolno-alarmnom mestu i služe za bežični prenos podataka sa mernog na alarmno mesto i obrnuto.

Kontrolno - alarmni procesorski uređaj se nalazi na alarmno-kontrolnom mestu i služi za prihvat podataka o temperturama tekućeg voza, njihovu obradu u cilju aktiviranja alarma (zvučnih i svetlosnih) i dalje prosleđivanje na računar. U toku prolaska voza preko mernog mesta vrši se merenje temperatura ležajeva osovinskih sklopova teretnih kola. Neposredno po prolasku voza izmerene vrednosti se obrađuju i šalju radio vezom (preko radio modema). Po prijemu podataka, na alarmnom-kontrolnom mestu, se vrši provera pregrejanosti ležajeva, a zatim se serijskom vezom po RS485 protokolu podaci šalju na personalni računar. Ovaj uređaj ima mogućnost alarmiranja ukoliko postoji pregrejan ležaj osovinskog sklopa. Alarmno-kontrolno mesto se sastoji od displeja, tastature, mikroprocesorske kartice sa komunikacionim multiplekserom, radio modema, signalizacionih Ledioda, sirene i sklopa za napajanje. Ukratko rečeno alarmno-kontrolno mesto ima sledeće funkcije:

1. Prijem podataka sa mernog mesta.
2. Slanje podataka personalnom računaru.
3. Zvučni i svetlosni alarm ukoliko postoji pregrejan ležaj.
4. Prikaz na displeju temperatura svih ležajeva osovinskih sklopova.
5. Prikaz na displeju temperatura pregrejanih ležajeva.
6. Podešavanje granične vrednosti temperature.

Računarski sistem sa softverom služi za prikaz i arhiviranje rezultata merenja i sa alarmno-kontrolnim mestom je povezan žičnom vezom (RS485/232). Osnovna funkcija mu je prikazivanje temperatura osovinskih ležajeva teretnih kola na grafiku u obliku pravougaonih impulsa (slika br.3) i skladištenje podataka u fajlove odgovarajućeg formata. Podaci o temperaturama stižu serijskom vezom od mikrokontrolera sa alarmnog mesta do PC računara. Program je realizovan po principu *virtualnih instrumenata*, a kao alat za programiranje korišćen je programski paket *LabView-CVI6.0* [1], [2]. Kreiranje korisničkih maski je urađeno tako da korisnik može i numerički i vizuelno (grafički) da prati tekući proces merenja (slika br.3).



Slika br.3 – Izgled korisničke maske na računaru

4. REZULTATI MERENJA

Po instaliranju i puštanju u rad kompletnog mernog sistema bilo je potrebno izvršiti finalna ispitivanja u realnim uslovima eksploatoacije i pri različitim brzinama voza. Rezultati merenja su dati u tabeli br.1. Merenje je vršeno u realnim uslovima sa jednim teretnim kolima (od 4 osovine) i jednom lokomotivom. Sa svake strane teretnih kola je bila postavljno po jedno grejno telo sa temperaturnim regulatorom. Pozicioniranje grejnih tela je bilo na samim poklopcima osovinskih ležajeva čime se postigla apsolutno verna simulacija pojedinih pregrejanih ležajeva u toku ispitivanja. Kao sekundarni etaloni za proveru temperatura grejnih ploča korišćeni su ručni IC merač *Meterman IR610* (opseg je od -20ºC do +260ºC; vidno polje je 100mm na rastojanju od 1m odnosno 10:1) i termovizijska kamera. Spoljna temperatura u toku merenja je bila (1-4)ºC uz prisustvo jakog vetra i sa čestim sunčanim intervalima.

4.1. Analiza rezultata

S obzirom da su korišćena dva odvojena merača temperature (kao sekundarni etaloni) za poređenje dobijenih rezultata i na uslove u kojima je merenje vršeno, potrebno je analizirati dobijene rezultate navedene u tabeli.

Kao grejno telo korišćene su kružne grejne ploče (ringle) sa regulatorima temperature u deklarisanom mernom opsegu i dimenzija koje se poklapaju sa dimenzijama poklopaca osovinskih ležajeva. Pre merenja u realnim uslovima, u laboratoriji je potvrđena nehomogena raspodela temperature navedenih grejnih tela. Ova anomalija je odgovarala jer se pomoću nje vrši i testiranje samog mernog algoritma koji je koncipiran da traži *vruću tačku* na poklopcu ležaja, a ne srednju vrednost temperature.

Korišćenje ručnog infracrvenog merača *Meterman IR610* kao sekundarnog etalona se nije pokazalo dobrim (pogledati rezultate iz tabele br.1) iz dva razloga:

1. Ovaj merač temperature radi na principu usrednjavanja vrednosti temperature svog vidnog polja tako da ne uzima u obzir nehomogenu raspodelu temperature grejnog tela.
2. Ovim meračem je bilo moguće izmeriti temperaturu grejnih tela tek po zaustavljnju lokomotive i teretnih kola (za to vreme se promene temperature grejnih tela).

Korišćenje ručnog merača je bilo korisno zbog lakog i brzog podešavanja grejnih tela u okvirne granice temperature pre merenja i polaska lokomotive sa teretnim kolima.

Korišćenjem termovizijske kamere se jasno videla očekivana nehomogena raspodela temperature po površini poklopaca ležajeva i grejnih tela. Takođe se njome pratila temperatura grejnih tela u pokretu i na samom mernom mestu. Temperaturne razlike pojedinih tačaka na istom grejnom telu su se kretale i do 10°C (tabela br.1). Uvidom u rezultate (merenja od 21 do 26 iz navedene tabele br.1) izvodi se zaključak da je ceo merni sistem dao odlične rezultate na finalnom ispitivanju u realnim uslovima na terenu.

Tabela 1. Rezultati merenja sa grejnim telima

Redni broj merenja	Brzina voza [km/h]	Temperatura grejnog tela na desnoj strani voza [ºC]			Temperatura grejnog tela na levoj strani voza [ºC]		
		Temperatura sa etalona		Temperatura sa *MEROSA*	Temperatura sa etalona		Temperatura sa *MEROSA*
1	10	IC pre	39	43	IC pre	39	47
		IC posle	38		IC posle	43	
2	10	IC pre	36	38	IC pre	41	47
		IC posle	36		IC posle	43	
3	30	IC pre	40	43	IC pre	43	45
		IC posle	42		IC posle	43	
4	30	IC pre	36	40	IC pre	43	48
		IC posle	36		IC posle	41	
5	10	IC	40	43	IC	40	48
6	10	IC	49	43	IC	47	50
7	10	IC	51	58	IC	48	56
8	30	IC	52	51	IC	48	53
9	30	IC	54	55	IC	47	55
10	10	IC	61	*kod 4* usled lošeg reseta	IC	57	*kod 4* usled lošeg reseta
11	10	IC	64	61	IC	60	60
12	30	IC	60	62	IC	59	61
13	10	IC	70	59	IC	70	67
14	10	IC	68	69	IC	68	71
15	30	IC	68	71	IC	68	69
16	30	IC	70	71	IC	67	68
17	10	IC	80	69	IC	79	77
18	10	IC	74	79	IC	76	80
19	30	IC	82	65	IC	79	78
20	30	IC	75	81	IC	77	82
21	10	Kamera	85	83	kamera	85	93
22	30	Kamera	82-88	94	kamera	78-90	93
23	10	Kamera	82-88	89	kamera	78-90	90
24	30	Kamera	76-92	87	kamera	78-90	90
25	10	Kamera	83-98	96	kamera	90-97	100
26	30	Kamera	87-97	94	kamera	93-100	97

Treba posebno naglasiti da ovaj sistem meri samo zagrejanost poklopca ležaja, a zagrejanost oboda točka, od kočnih papuča, eliminiše.

Najveći broj stanica na prugama Srbije ima skretnice za ulaz u skretanje pri brzinama od 40km/h, a brzina ulaska voza u stanicu sa zaustavljanjem takođe ne prelazi brzinu od 40km/h, pa je iz tog razloga ovaj merni sistem primenljiv za sva železnička vozila u stanicama gde pregledači kola vrše, između ostalog, i kontrolu zagrejanosti ležaja.

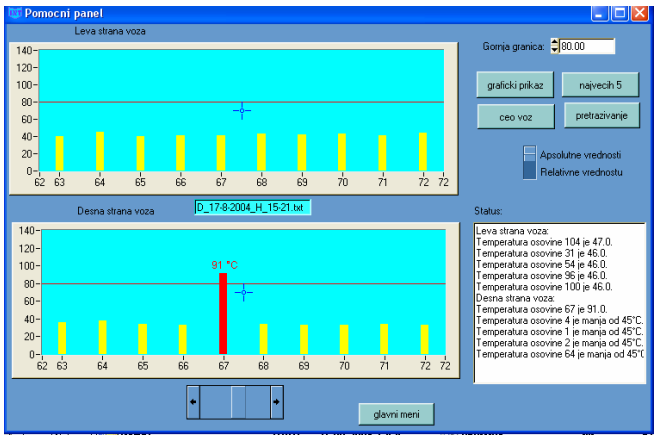
Ugradnjom ovih sistema, na železnici se postižu višestruki pozitivni i ekonomsko-opravdani efekti:

- Smanjenje troškova kod zamene još uvek upotrebljivih ležaja.
- Smanjenje imobilizacije teretnih kola.
- Povećanje pouzdanosti pri obaveznom pregledu kola.
- Povećanje pouzdanosti samog transporta usled smanjenja rizika od havarija.

Imajući u vidu svetske trendove racionalizacije broja izvršilaca, povećanje pouzdanosti (pogotovo iz ugla manjih brzina transporta i kraćih deonica) ovaj sistem takođe unosi značajne prednosti i poboljšanja kako u transportu robe i putnika tako i u same procese proizvodnje u delovima industrije koja neposredno zavisi od železničkog transporta.

4.2. Rezultat iz realne eksploatacije sistema

U toku realne eksplatacije sistema prilikom dolaska voza na istovarnu stanicu dana 17.08.2004. uspešno je detektovan neželjeni porast temperature ležaja. Granična vrednost temperature je postavljena na 80°C. Merni sistem je prijavio temperaturu od 91°C (slika br.4) i uključio alarm na alarmnom mestu. Naknadnom proverom pregledač kola je potvrdio porast temperature datog ležaja i isključio data teretna kola iz daljeg saobraćaja. Naknadnim vizuelnim pregledom kućišta osovinskog ležaja vidi da se ležaj grejao iznad radne temperature (na slici br.5 se vidi crveno polja na spoljnoj strani kućišta ležaja). Demontažom kućišta su skinuta oba ležaja. Utvrđeno je da je spoljašnji ležaj (desni ležaj sa slike br.6) je havarisan [8].



Slika br.4 –Grafički prikaz pregrejanog ležaja

Slika br.5-Pikaz kućišta pregrejanog ležaja

Slika br.6-Prikaz ispravnog (levog) i neispravnog (desnog) ležaja

LITERATURA

[1] Labview, *User Manual*, National Instruments Corporation, 20/1-20/10, January, 1996.

[2] Labview, *Alalysis VI Reference Manual*, National Instruments Corporation, 9/2-9/22, January, 1996.

[3] John G. Webster: *Measurement, instrumentation and sensors*, CRC Press & IEEE Press, 32/87-32/117, USA, 1999.

[4] Emmanuel Rousseau: ″Infrared sensing in Hot Box Detectors″, Railway Department, Compaqnie de Signaux et d′Entreprises Electriques (C.S.E.E.) 17, Place Etienne Pernet, 75738 Paris Cedex 15, France

[5] В. В. Аристов, Ф. И. Конжуков: ″Сканирующий прибор для бесконтакного измерения температуры″, Измеритеыая техника, No 8, 47-49, 1981.

[6] Dušan Milutinović, Milovan Babić: ″Mogućnost realizacije domaćeg razvoja sistema za detekciju neispravnosti osovinskih sklopova železničkih vozila u toku vožnje″, Železnice, broj 5-6, 229-238, godina LIII (1997).

[7] Hamamatsu, *Infrared detector – PbSe photoconductive detector (P791/P2038/P2680 series, P3207-05)*, (www.hamamatsu.com), Hamamatsu City, Japan, Jun, 2001.

[8] Zajednica jugoslovenskih železnica, *Uputstvo za opravku osovinskih sklopova i osovinskih ležišta za kola JŽ*, Srbija, Beograd, 2000.

[9] Industrija kugličnih ležajeva, *Uputstvo za održavanje valjkastih ležajeva*, Srbija, Beograd, 1975.

SYSTEM FOR MONITORING OVERHEATING OF AXLE-BOX OF FREIGHT CARS

Saša Milić, Stanko Đorđević

Abstract *– This paper presents system for contiguity remote sensing temperature and detecting an axle hot box train wheel bearing. Measurement is based on contiguity remote infrared sensing of train axle hot box. This system has main roles in preventive maintenance and stopping damaging of axle wheel bearing in railway. This system is applied in Serbian railway.*

Key words – Temperature, bearing, axle - box, railway

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

UZROCI HABANJA VENACA TOČKOVA ŽELEZNIČKIH KOLA I MERE ZA SMANJENJE ISTOG

Vladimir Aleksandrov[1], Dobrinka Atmadžova[2]

Rezime *– Točkovi železničkih vozila i šine koloseka su u stalnom međusobnom dodiru. Posledica tog dodira su sile trenja između točkova i šina, a posledice ovog – habanje venaca točkova i unutrašnje strane šina. Ovaj rad je, upravo, posvećen uzrocima habanja venaca točkova i merama za smanjenje ovog habanja. Centralni deo rada posvećen je, pre svega, konstrukcionim merama (posebno na obrtnim postoljima) za smanjenje habanja venaca točkova radijalnim postavljanjem osovinskih sklopova u krivinama koloseka..*

Ključne reči – železnica, železnička vozila, obrtna postolja, osovinski sklopovi, točkovi, venci točkova, habanje venaca točkova

1. UVOD

Odnos točak/šina je jedan od najsloženijih problema u železničkom mašinstvu. Ova dva ključna konstrukciona elementa, koji su stalno u međusobnom dodiru, neverovatno mnogo utiču jedan na drugog u eksploataciji železničkih vozila. Između točkova vozila i šina koloseka uvek je prisutno trenje, koje se ne može izbeći. Rezultat ovog trenja je, pre svega, habanje venaca točkova i unutrašnje strane šina. Habanje venaca je deo ukupnog habanja profila točka i za neke železnice sa malim brojem krivina i velikim poluprečnicima krivina koloseka, je skoro beznačajno. Međutim, u uslovima naših železnica, tj. pruga koje po zakrivljenosti spadaju u sam evropski vrh, habanje venaca točkova je izuzetno izraženo. S druge strane, imajući u vidu činjenicu da se skoro 100% svih naših potreba u točkovima i šinama pokrivaju putem uvoza, problem habanja venaca točkova (i glava šina) dobija sve više na težini.

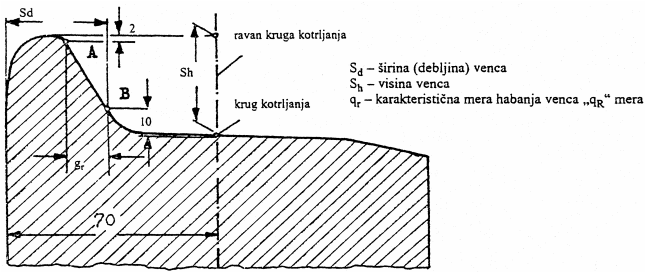
Ovaj rad je, upravo, posvećen uzrocima habanja venaca točkova i merama za smanjenje ovog. U ovodnom delu rada govori se o geometriji dodira točak/šina, uzrocima i posledicama habanja venaca točkova. Centralni deo rada posvećen je merama za smanjenje habanja venaca točkova, posebno konstrukcionim merama na obrtnim postoljima sa ciljem poboljšanja prohodnosti vozila u krivini radijalnim postavljanjem osovinskih sklopova u krivinama. Na kraju rada spomenuti su i postupci i uređaji za podmazivanje venaca točkova, odnosno glava šina, kao sekundarnim ali veoma efikasnim merama za smanjenje koeficijenta trenja klizanja između venaca točkova i glava šina.

2. GEOMETRIJA ODNOSA TOČAK/ŠINA

Osovinski sklopovi su najodgovorniji sklopovi trćećeg stroja i jedni od najodgovornijih sklopova železničkih vozila. Oni nose ukupnu masu kola, usmeravaju kretanje vozila po koloseku i primaju na sebe sve udare usled neravnina šina. Površina točka koja dolazi u dodir sa šinom naziva se površina kotrljanja. Profil površine kotrljanja odgovara profilu glave šine. Oblik i mere površine kotrljanja obezbeđuju najracionalnije uzajamno dejstvo sa šinom. Profil površine kotrljanja je, posmatrano istorijski, evoluirao sve dok ga UIC nije unificirala. Profil točkova svih železničkih vozila na JŽ je standardizovan prema objavi UIC 510-2.

Na unutrašnjem kraju oboda točka nalazi se venac, koji sprečava iskliznuće točka sa šine. Počev od venca pa nadalje sve do kraja oboda, površina kotrljanja je, manje-više, konična. Ovakav oblik površine kotrljanja omogućava ravnomerno habanje iste i slobodan prolaz vozila u krivinama koloseka. Na slici 1 prikazane su mere venca točka, visina, debljina i karakteristična mera habanja venca, tzv. „$\mathbf{q_R}$“ mera. Granične mere profila su:

– visina venca **Sh = 28 – 36 mm**,
– debljina venca **Sd = 32 – 22 mm**,
– nagibni ugao bočne površine venca $\mathbf{q_R} > 6{,}5$ mm
– razmak između unutrašnjih površina točkova
AR =1360 ± 3 mm



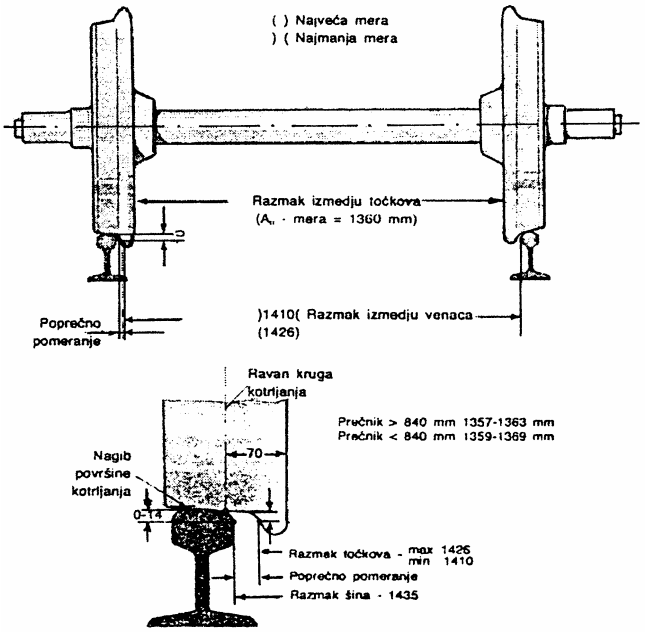
Slika 1. Mere venca točka

U toku kretanja osovinskog sklopa po koloseku isti može zauzeti sledeće položaje:

– normalan položaja (na pravoj pruzi), kada je osa osovinskog sklopa upravna na osu koloseka, ili pod izvesnim uglom (a), koji se naziva napadnim uglom ili uglom „natrčavanja“ točka na šinu,
– radijalni položaj (u krivinama), kada se osa osovinskog sklopa poklapa sa pravcem poluprečnika krivine. Odstupanje ose osovinskog sklopa od radijalnog položaja određuje se uglom (a), jednakim napadnom uglu.

Mere osovinskog sklopa (kod simetričnog položaja ispravnog osovinskog sklopa na koloseku) prikazane su na slici 2.

[1] Vladimir Aleksandrov, dipl. inž., Beograd, Prote Mateje 40a
[2] Dr Dobrinka Atmadžova, dipl. inž., VTU „Todor Kableškov“, Geo Milev 158, 1574 Sofija



Slika 2. Mere osovinskog sklopa i koloseka

Još pre više od jednog veka teoretskim razmatranjima i opitima utvrđeno je da pri kretanju po pravom koloseku osovinski sklop izvodi tzv. Klingelovo kretanje, pri kome se težište sklopa kreće po sinusoidi čija se **„x"** osa poklapa sa osom koloseka (vidi sliku 3). Amplituda ove putanje težišta osovinskog sklopa određuje se po obrascu: **a < (s – b)/2**, gde je

s – širina koloseka,

b – rastojanje tačaka teoretskog dodira između venca točka i glave šine.

Neposredan uzrok habanja venca točka je trenje klizanja između venca i glave šine, izraženo silom trenja (vidi sliku 3)

FT = FN ·, gde je

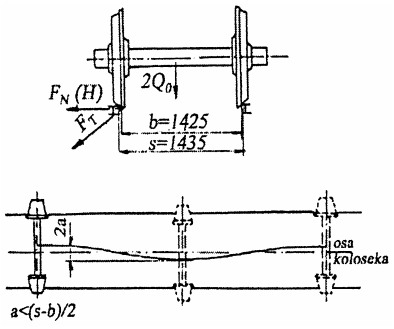
FN – normalna sila između venca točka i glave šine

μ – koeficijent trenja klizanja između venca točka i šine (**μ = 0,1 – 0,15** za suvo trenje, **μ = 0,01 – 0,05** za podmazano stanje).

Zbog opasnosti od iskliznuća maksimalna vrednost ovih sila ograničena je, prema UIC 515, obrascem:

$$\mathbf{F_N max = F_T max < 0{,}8 \cdot Q_o}, \text{ gde je}$$

$\mathbf{Q_o}$ – srednji statički pritisak točka



Slika 3. Sila trenja između venca točka i glave šine

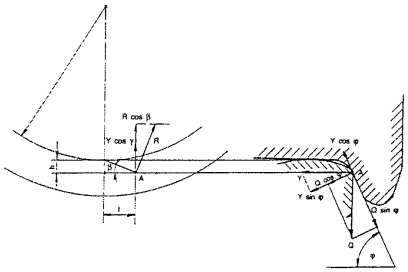
Sigurnost od iskliznuća se može, detaljnije, analizirati na slici 4. Sigurnost protiv iskliznuća se može izraziti odnosom horizontalne (bočne) sile (Y) i vertikalne sile (Q)

$$\Psi = \frac{Y}{Q}$$

koji, nakon transformacije, iznosi

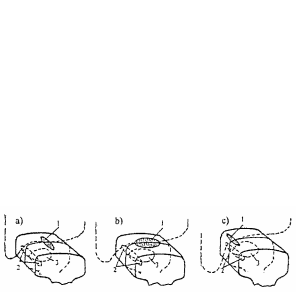
$$\Psi = \frac{tg\varphi - \mu}{1 + \mu \cdot tg\varphi}$$

φ – ugao nagiba venca točkova

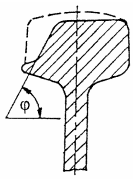


Slika 4. Dejstvo sila između venca točka i glave

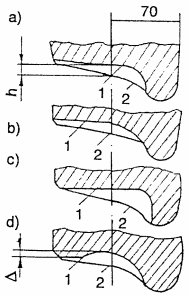
Tipični kontakti novih i istrošenih točkova sa šinama prikazani su na slici 5. Najčešći oblici habanja površine kotrljanja točkova prikazani su na slici 7, a izgled karakterističnog bočnog habanja šine prikazano je na slici 6.



Slika 5. Tipični kontaktni venca i šine

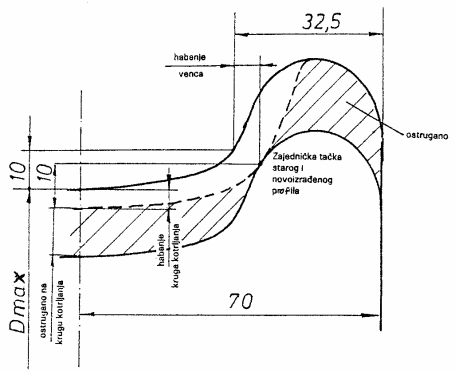


Slika 6. Izgled bočno istrošene šine



Slika 7. Najčešći oblici habanja

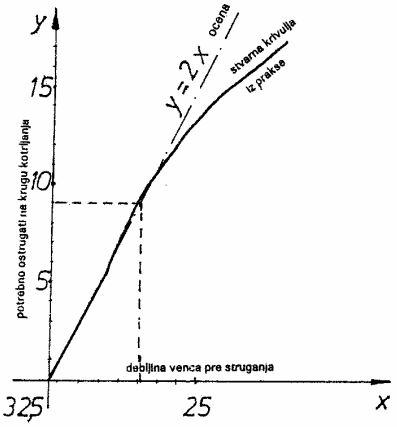
Pohaban profil točka, posebno u slučaju kada je qR < 6,5 mm, se mora obraditi na strugu (ili na glodalici) na propisane mere. Novi, obrađeni, profil u suštini znači paralelno pomeranje propisanog profila u materijal točka za toliko da se ovaj dodirne samo u jednoj tački trenutnog profila na točku koji treba strugati (vidi sliku 8.)



Slika 8. Istrošen venac točka i potrebno strugawe materijala u cilju reprofilisanja

Da bi se ostvario što veći koeficijent iskorišćenja točka u

eksploataciji, potrebno je da se što manje materijala točka skida struganjem. Zavisnost debljine struganja, merena po krugu kotrljanja točka, od debljine venca prikazana je na slici 9.

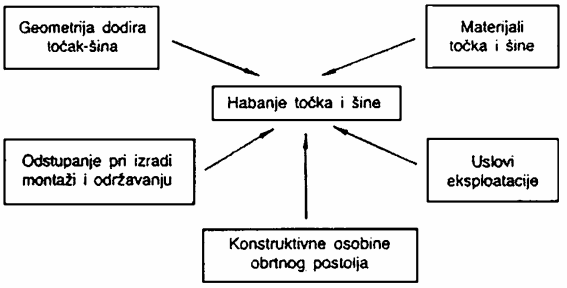


Slika 9. Zavisnost promene prečnika kruga kotrljanja točka kod reprofilisanja od promene debljine venca

Dakle, cilj je obraditi venac sa što manje struganja (i time produžiti vek trajanja točka), a da pri tome profil točka bude obrađen prema obliku novog (punog) profila, s tim, da je debljina venca nešto manja od debljine venca punog profila (32 ± 0,5 mm). To se postiže uvođenjem tzv. međuprofila (sa debljinama venca: 31,5 mm, 30,5 mm, 29,5 mm i 28,5 mm).

3. UZROCI HABANJA VENACA TOČKOVA

Glavni faktori koji uslovljavaju proces habanja venaca točkova (i glave šina) prikazani su na slici 10.



Slika 10. Glavi faktori procesa habanja venca točkova

Geometrija dodira točak/šina odnosi se na: oblik profila točka, oblik profila šine, nagib ugradnje šina i normalnu širinu koloseka.

Na JŽ najrasprostranjenija je šina tipa 49. Kod rekonstrukcije ili novogradnje pruga ugrađuje se i šina tipa UIC 60. Kako je, pak, profil točka definisan objavom UIC 510-2, to ne možemo mnogo uticati na geometriju odnosa točak/šina. Za pruge sa velikim koeficijentom zakrivljenosti ovaj profil točka po UIC nije najpogodniji, te zbog toga imamo relativno veliko habanje, prvenstveno venaca točkova, a i bokova šine, naročito u krivinama.

Odnos habanja venca točka i šine najviše zavisi od tvrdoće materijala točka i šine. Za monoblok točkove kvaliteta R7 (R7T) zatezna čvrstoća iznosi 820–940 N/mm^2. Za šine, prema UIC 860, zatezna čvrstoća iznosi 680-830 N/mm^2. Prema preporuci UIC materijal točka treba da je 10% tvrđi od materijala šine.

Pri izradi, montaži i održavanju obrtnih postolja može doći do odstupanja mera, oblika i drugih karakteristika koje utiču na na habanje točkova, odnosno šina.

Uslovi eksploatacije igraju bitnu ulogu u procesu habanja. To su, pre svega, zakrivljenost pruge, primena uređaja za podmazivanje, osovinsko opterećenje, režim kočenja i klimatski uslovi.

Od ne manjeg uticaja na proces habanja venaca točkova, odnosno glava šina su konstrukcione osobine obrtnih postolja. Kod domaćih putničkih kola dominantni su tipovi obrtnih postolja Goša-Wegmann i Goša-Minden Deutz, dok je kod teretnih kola najzastupljenije obrtno postolje Y-25. Često se, neargumentovano i nepravično, krivica za povećano habanje dodirnih površina točka i šine svaljuje na konstrukciju obrtnih postolja. Naša savremena kola se grade za brzine do 200 km. Takve brzine iziskuju velike poluprečnike krivina koloseka, kod kojih bi habanje sprega točak/šina bilo zanemarljivo. Najveći problem je, zapravo, što mi u eksploataciji imamo pruge sa oštrim krivinama i sa veoma starim (pohabanim) šinama.

4. PROLAZ VOZILA KROZ KRIVINU

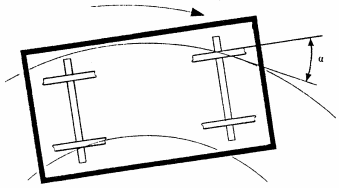
Pri prolasku vozila kroz krivinu poluprečnika „R“ obrtno postolje se postavlja tako da se između osovinskog sklopa i šina javljaju određeni parametri koji igraju važnu ulogu u oceni prolaza vozila kroz krivinu:

– napadni ugao (a) vodećeg osovinskog sklopa

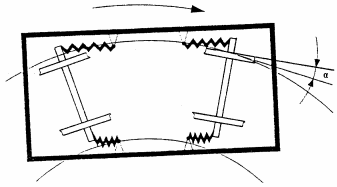
– poprečne sile (Y) koje dejstvuju na spoljnu i unutrašnju šinu

– vertikalne sile (Q) koje dejstvuju na obe šine

Obrtno postolje sa kruto vođenim osovinskim sklopovima upisuje se u krivinu sa velikim napadnim uglom (□) vodećeg osovinskog sklopa (vidi sliku 11).



Slika 11. Prolaz obrtnog postolja sa kruto vođenim OS kroz krivinu



Slika 12. Prolaz obrtnog postalja sa uzdužno elastičnim vođenjem OS

Kada bi se umesto krutog primenio „slobodni osovinski sklop“, on bi se, zbog tzv. konusnog efekta točka, postavljao prema spoljnoj šini u krivinama malog poluprečnika oslanjajući se o venac točkova. Između ekstremnog „krutog“ vođenja i „slobodnog osovinskog sklopa“ je polje elastično-okretljivog osovinskog sklopa oko vertikalne ose (vidi sliku 12).

Za dobro upisivanje u krivinu treba omogućiti da se izbegne uzdužno klizanje točkova po površini kotrljanja i da se točkovi u krivini kreću bez dodira venaca točkova i glava šina. Pod tim uslovima relativno habanje točka i šine je neznatno, a rizik od iskliznuća je eliminisan.

5. TEHNIKA REŠENJA ZA SMANJENJE HABANJA VENACA TOČKOVA

5.1. Opšte napomene

Kao što je poznato, kod klasične izrade sanduka vozila (sa krutim vezama između mazalica i postolja u horizontalnom pravcu) najzačajnija po vrednosti je sila vođenja (us- meravajuća sila) na vencu točka koji natrčava – spoljni točak prvog (gledano u smeru kretanja) osovinskog sklopa. Osim neponištene centrifugalne sile, usmeravajuća sila ovog točka treba da savlada i moment od sila klizanja između točkova i šina kod zakretanja celog sanduka. Pri tom, međutim, od velikog značaja je ugao natrčavanja točka. Najnepovoljniji je slučaj kod krute veze osovinskih sklopova sa ramom u horizontalnom pravcu onda je ugao natrčavanja najveći i usmeravajuća sila je maksimalna i obratno, smanjenjem ugla natrčavanja i svođenja istog do nule, postignuto zakretanjem osovinskog sklopa u odnosu na postolje u horizontalnom pravcu, uloga venca i sile usmeravanja venca se smanjuje, jer se funkcije usmeravanja u velikoj meri ostvaruju silama klizanja točkova po šinama.

Tako, kao rezultat smanjenja ili potpunog anuliranja napadnog ugla smanjuje se višekratno habanje venaca točkova (razume se i glava šina) u datim uslovima – brzine, poluprečnici krivina i dr. To sa svoje strane omogućava i značajno povećanje brzine kretanja vozila u krivinama.

5.2. Konstrukcione šeme i karakteristike trčećeg stro- ja sa poboljšanom prohodnošću u krivinama

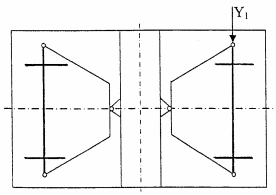
Pošto nulta vrednost napadnog ugla odgovara radijalnom postavljanju osa osovinskih sklopova, konstrukcije obrtnih postolja, kod kojih se to postiže, nazivaju se obrtna postolja sa radijalnim položajem osovinskih sklopova ili sa radijalnim upisivanjem u krivinama ili jednostavno, radijalna obrtna postolja.

Obrtna postolja, odnosno postolja vozila, sa radijalnim postavljanjem osovinskih sklopova u krivinama dele se u dve osnovne grupe: sa prinudno usmeravanim osovinskim sklopovima ili sa slobodno usmeravanim osovinskim sklopovima.

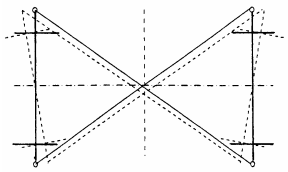
Kod prve gupe se osovinski sklopovi usmeravaju zauzimanjem radijalnog ili približno radijalnog položaja prinudnim putem, preko sistema poluga, u zavisnosti od geometrijskih promena sistema kod kretanja u krivinama – na primer, u zavisnosti od zakretanja obrtnog postolja u odnosu na sanduk vozila ili relativnog zakretanja susednih vozila.

Kod druge grupe (sa slobodno usmeravajućim osovinskim sklopovima) na osnovu principa minimalne potrošnje energije, tj. minimalnog otpora pri kretanju i, zbog toga, minimalnog trenja i habanja – osovinski sklopovi se sami usmeravaju u najpovoljniji položaj, pri čemu im pomaže i oblik profila točka (bandaža). Ovaj princip ne važi za trčeći stroj sa nezavisnim točkovima umesto osovinskih sklopova. Drugi uslov za slobodno usmeravane osovinske sklopove je da veze mazalica sa ramom obrtnog postolja to dozvoljavaju, tj. da imaju dovoljne zazore i odgovarajuće relativno niske vrednosti horizontalnih krutosti, posebno u podužnom pravcu. Osim napred navedenih grupa vozila sa poboljšanom prolaznošću kroz krivine, postoji i treća grupa koja se karakteriše samousmeravanjem osovinskih sklopova koje se postiže prigodnim kinematičkim vezama uz korišćenje dejstva centrifugalne sile i/ili usmeravajuće sile na vencu.

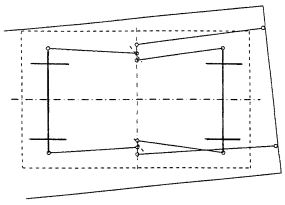
Na slikama 13–21 prikazani su neki od predstavnika različitih grupa sa radijalnim postavljanjem osovinskih sklopova u krivinama koloseka [8].



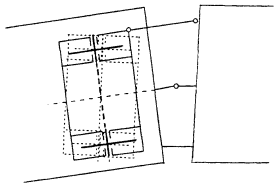
Slika 13. Šema sa jednoosovinskim obrtnim postoljem samousmeravajućim osovinski sklop preko Y



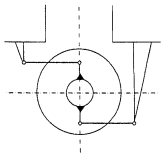
Slika 14. Šema sa krstastim vezama – sinhronizovano samousmeravajući osovinski sklopovi



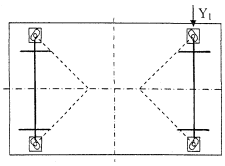
Slika 15. Šema sa prinudno usmeravajućim (usled zakretanja sanduka) osovinskim sklopovima



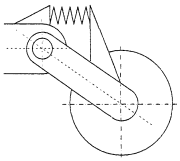
Slika 16. Šema sa prinudno usmeravajućim (usled zakretanja susednih kola) osovinskim sklopovima – za dvoosovinska člankasta kola



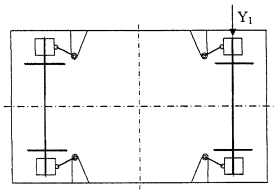
Slika 17. Šema sa zajedničkim osovinskim sklopovima kod člankasnih kola



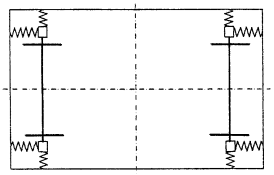
Slika 18. Šema sa ovalnim otvorima



Slika 19. Šema sa korišćenjem nekompenzirane centrifugalne sile



Slika 20. Šema sa kosim mazaličnim lenkerima

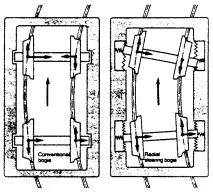


Slika 21. Šema sa slobodno usmeravajućim osovinskim sklopovima

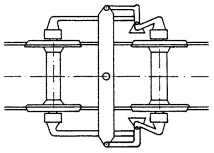
Od razmatranih šema obrtnih postolja najširu primenu i najbolje rezultate imaju:

1. Šema sa prinudno usmeravanim osovinskim sklopovima pomoću polužnog mehanizma, koji se pokreće zakretanjem obrtnog postolja u odnosu na sanduk kola (vidi sliku 15). Najrenomiranija obrtna postolja sa ovom šemom su **„navigator“**, **SGP** i **SIG** (vidi sliku 23 i 24).

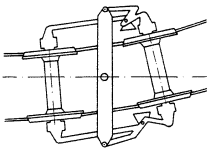
2. Šema sa samousmeravajućim osovinskim sklopovima koja se karakteriše prigodnim karakteristikama veza mazalica sa ramom obrtnog postolja. [vedska firma **ASEA** pustila je 1988. godine u eksploataciju putnička obrtna postolja pod fabričkim nazivom **„X 2000“** (vidi sliku 22). Karakteristično za ovu grupu obrtnih postolja je, da su izvedena sa metalogumenim oprugama nadmazaličnog ogibljenja i drugo, mogućnosti za radijalno postavljanje osovinskih sklopova su ograničene za poluprečnike krivina koloseka ne manje od 500–600 m.



Slika 22. „X 2000“ u krivini



Slika 23. „Navigator“ SIG u pravcu



Slika 24. „Navigator“ SIG u krivini

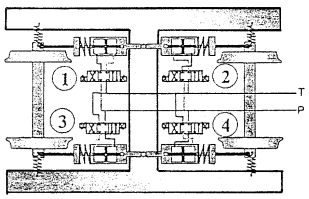
6. AKTIVNO VOĐENJE TOČKOVA I OSOVINSKIH SKLOPOVA

Godine 2001. od strane **ERRI** i nekih njenih partnera razvijena je tzv. **„Mechatronic“** tehnologija (kombinacija mašinstva, elektronike i informatike) u projektovanju železničkih vozila. Jedan od glavnih zadataka ovog projekta bio je rešavanje problema stabilnosti i vođenja konvecionalnih osovinskih sklopova. Suština ”Mechatronic” projekta jeste razvoj tehničkih rešenja za aktivno vođenje točkova i osovinskih sklopova.

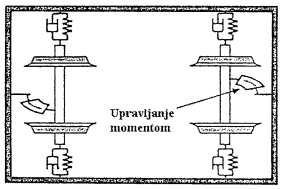
U okviru ovog projekta razvijene su sledeće varijante za aktivno vođenje točkova i osovinskih sklopova:

– primena aktivnog vođenja na konvencionalnim obrtnim postoljima,
– aktivno vođenje osovinskih sklopova 2-osovinskih vozila pomoću aktuatora
– primena osovinskih sklopova sa kontrolisanim obrtnim momentom (kod 2-osovinskih i zglobnih vozila),
– direktno vođenje točkova na osovini

Na slici 25 dat je prikaz konvencionalnog obrtnog postolja sa aktivnim vođenjem osovinskih sklopova, kod kojeg se koriste hidraulični aktuatori, a prisutan je i mehanički sistem koji služi za pasivno vođenje obrtnog postolja kada je aktivni sistem van funkcije.

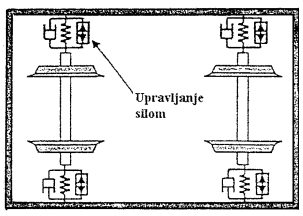


Slika 25. Primena aktivnog vođenja na konvencionalnog obrtnog postolja

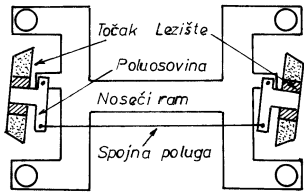


Slika 26. Aktivno vođenje preko momenta vijuganja

Na slikama 26 i 27 prikazano je aktivno vođenje osovinskih sklopova kod 2-osovinskih vozila. Na slici 26 je upravljanje momentom osovinskog sklopa prilikom vijuganja, što se postiže pomoću uređaja protiv vijuganja-aktuatora ili primenom para uzdužnih aktuatora. Na slici 27 je rešenje sa ugradnjom aktuatora na osovinski sklop u bočnom pravcu. Aktuatori mogu biti elektro-hidraulični i elektro-mehanički.



Slika 27. Aktivno vođenje preko bočne sile



Slika 28. Direktno vođenje točkova na osovini

Princip rada osovinskih sklopova sa kontrolisanim obrtnim momentom zasniva se na ugradnji zupčaničke kutije, koja ostvaruje vezu između dva točka na istoj osovini tako da se formira različit obrtni moment pomoću eksternog servo-motora. Na slici 28 prikazana je mehanička šema direktnog vođenja točkova na osovini.

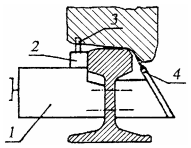
7. PODMAZIVANJE VENACA TOČKOVA I GLAVA ŠINA

Pored konstrucionih mera na obrtnim postoljima za smanjenje trenja između venca točka i glave šine jedna od realnih mogućnosti, koja je na svu sreću i veoma efikasna, je smanjenje koeficijenta trenja klizanja između venca točkova i glave šine, što se, naravno, postiže podmazivanjem dodirnih površina.

Kao jedna od efikasnih mera protiv bočnog habanja šina, a samim tim i venaca točkova, je podmazivanje bočne radne površine glave šine. Materijal za podmazivanje (ulje ili konzistentna mast) može se nanositi četkom, ručno ili automatski. Zbog svojih prednosti (efikasnosti) u primeni su, uglavnom, automatski uređaji za podmazivanje.

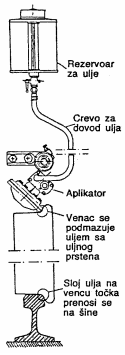
Moguća je primena tri načina automatskog podmazivanja venaca točkova i šina: podmazivanje pomoću uređaja koji su postavljeni na vozilu, pri čemu ovi uređaji nanose mazivo na venac točka ili na bočnu površinu glave šine i treći način, podmazivanje šine pomoću stacionarnih uređaja na pruzi.

Stacionarni uređaji se, po pravilu, ugrađuju na kolosek na početku krivine u smeru kretanja vozila. Na slici 29 prikazan je jedan takav uređaj. Sastoji se iz klipne pumpe (2) koja je povezana sa klipom (3), koji štrči iznad površine glave šine. Nailaskom točka, isti potisne klip (3), pumpa se aktivira i dolazi do brizganja ulja po unutrašnjoj strani glave šine, odakle ga zahvata venac točka i raznosi dalje. Postoji veliki broj varijanti ovakvog rešenja.



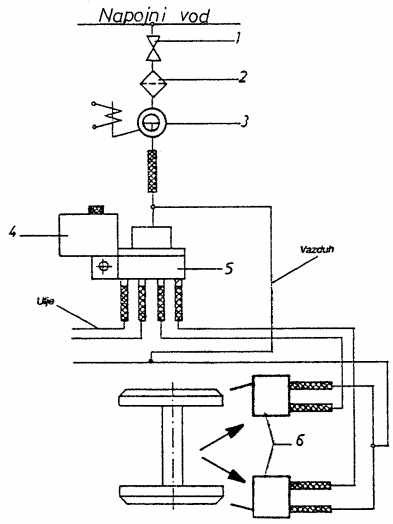
Slika 29. Stacionarni ruеđaj za podmazivanje šina u krivinama koloseka: 1. Rezervoar za ulje, 2. Uljna pumpa, 3. produžetak klipnjače, 4. Brizgaljka ulja

Na slici 30. prikazan je uređaj za podmazivanje venca točka tipa **FUJI (Japan)**. Ulje dospeva na venac točka, potiskivano od zupčaste pumpe. Pumpa dobija pogon od točkića, koji pod određenim pritiskom prianja uz točak vozila, od koga dobija pogon. Na obod točkića nasađen je ožlebljen gumeni prsten, kroz koji prolazi ulje do venca točka.



1 – Isključna slavina
2 – Prečistač
3 – Elektroventil
4 – Rezervoar za ulje
5 – Pneumatska pumpa
6 – Raspršivač

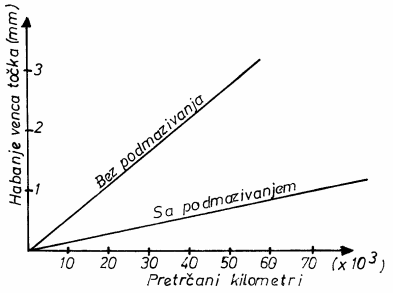
Slika 30. Podmazivanje venaca točkova tipa FUJI



Slika 31. Uređaj za podmazivanje uljem komprimovanim vazduhom

Danas se, uglavnom, koriste savremeni uređaji za podmazivanje venaca točkova brizganjem ulja pomoću komprimovanog vazduha, sa elektronskom regulacijom. Najpoznatiji proizvođač ovih uređaja je **SECHERON**, po čijoj licenci, ili po čijem ugledu, ih mnoge firme danas u svetu proizvode. Na slici 31 prikazana je funkcionalan šema ovog uređaja.

Na slici 32 prikazan je efekat podmazivanja, tj. dijagram zavisnosti habanja venca točka od broja pretrčanih kilometara.



Slika 32. zavisnost veličine habanja venca točka od broja pretrčanih kilometara (primer iz prakse)

8. ZAKLJUČAK

Habanje venaca točkova je deo ukupnog habanja profila točka i ono je neizbežno. Međutim, dok je isto kod železničkih uprava sa malim brojem krivina i velikim poluprečnicima krivina koloseka skoro beznačajna, na JŽ, koje su „zasićene " oštrim krivinama, ono izbija u prvi plan. Tako je i u nizu evropskih zemalja, na primer, u nama susednoj Bugarskoj. Ne slučajno je još 1988. godine, u okviru **UIC/ORE** formiran Komitet **B-176** sa zadatkom stvaranja obrtnih postolja sa poboljšanom prohodnošću u krivinama, tzv. obrtnih postolja sa radijalnim upisivanjem u krivinama. Velika pažnja ovom pitanju poklanja se u Švedskoj koja važi za zemlju sa velikim brojem oštrih krivina, iako tamo preovlađuju oštre krivine sa poluprečnicima 500–600 m i ni u kom slučaju se ne mogu upoređivati sa preovlađujućim oštrim krivinama na našim prugama sa poluprečnicima 250–300 m [8, 10].

U radu su prikazana neka od konstrukcionih rešenja na obrtnim postoljima kojima se poboljšava prohodnost osovinskih sklopova u krivinama i smanjuje „intimni" dodir točak/šina , čime se smanjuje trenje između ova dva elementa i povećava "trčanje" do prve obrade novog točka višekratno. Pored ovih rešenja postoje i druga, manje radikalna, kojima se produžuje vek trajanja uvoznih i skupih točkova. Koje od ovih rešenja treba primeniti stvar je dubioznog proučavanja svih relevantnih faktora koji utiču na habanje venaca točkova i procene njihove tehno-ekonomske opravdanosti za pojedine serije vučnih i vučenih vozila.

LITERATURA

[1] Aleksandrov V., „Železnička vučena vozila", „ŽELNID", Beograd 2000.
[2] Aleksandrov V., „Održavanje železničkih vozila", „ŽELNID", Beograd 2000.
[3] Aleksandrov V., „Korelacija između šina i točkova, uzroci oštećenja i klasifikacija defekata šina i točkova, Zbornik radova" – Treći seminar železničke građevinske infrastrukture, Zlatibor, 2000.
[4] Aleksandrov V., „Uređaji za podmazivanje glava šina i venaca točkova železničkih vozila", Zbornik radova – Treći seminar železničke građevinske infrastrukture, Zlatibor, 2000.
[5] Атманжова Д., „Метод за определјане на характеристиките на буксовите ирски с рамата на талига за патнички вагони", Doktorska disertacija, Sofija, 2001.
[6] Lučanin,V., Simić,G., „Istraživanje uzroka habanja venaca točkova putničkih kola", „Železnice", 1990/8, Beograd, 1990.
[7] Pajić, D., „Obrtna postolja železničkih vozila sa osovinskim sklopovima koji se radijalno postavljaju u krivini", „Železnice", 1994/5–6, Beograd, 1994.
[8] Пенчев, Ц., Атманджова, Д., „Технологии при експлоатација, рециклиране и ремонт на патнически вагони от парка на БДЖ", VTU „Todor Kableškov" Sofija, 2003.
[9] Шkaro, S., Mirčevski, N., Mechatronic „Novi prilaz projektovanju železničkih vozila u budućnosti", Zbornik radova – Železničko mašinstvo, Niš, 2002.
[10] UIC/ORE B 176 – „Tehnički uslovi za radijalna obrtna postolja"

CAUSES OF WHEEL RIM WEAR ON RAILWAY VEHICLES AND MEASURES TO BE TAKEN FOR THERE OF DECREASE

Vladimir Aleksandrov, Dobrinka Atmandžova,

Abstract – *Wheel of railway vehicles and rails are in permanent interference. The consequences of this interference are occurerence of wear forces between a wheel and a rail. This paper is just dedicated to dealing with causes of wheels rim wear and steps to be taken to decrease it. Central part of this paper, primarily, deals with the construction steps to be taken (in particular on bogies) for the purpose of decrease of wheel rim wear by means of radial positionig of axle – sets on track curves.*

Key words – railways, railway vehicles,bogies, axle-sets, wheels , wheel rim, wheel rim wear

XI ŽELKON '04
RAILCON '04 2004

EUROPEAN STRATEGY AND TRANSPORT SYSTRM DEVELOPMENT IN REPUBLIC OF BULGARIA

Maria Slavova Nocheva [1]

Abstract –The paper analyzes the most important principles of the European transport policy and the requirements it has imposed to the transport system of Bulgaria in the process of integration. The tendencies in strategies for the development of different transport modes have been examined as an objective result of the harmonization with the European transport network. The ratio of the transport modes in their participation in the transport market has been analyzed according to their advantages. The paper shows the connection between the economic growth and the demand for transport services.

Keywords - Integration, railway transport, infrastructure.

1. INTRODUCTION

Under the contemporary conditions, the aims of the European integration, the establishment and functioning of the domestic market and the mutual implementation of the economic policy within the union of independent countries require a complex interaction and balancing between the national and international approaches. The integration supposes merging of interests and close collaboration.

The decisions of the EC made in Luxemburg in December 1997 opened the opportunity of preparing for Bulgaria's accession to the EU and at the same time put high requirement to the country. The criteria in the economic section relate to restructuring of the national economy, building a modern infrastructure, approving the principles of loyal competition and active social activity for joining the EU policy.

In this aspect, the principles of the European transport strategy have become an important part in the national transport development. The main trends of this strategy, which is continuously under implementation in Bulgaria as well, are as follows:

- building an effective common European transport network to connect the member states;
- coordinated development and progressive liberalization of transport, establishing conditions for mutual market access in air and land transport on the base of special agreements;
- loyal competition of transport carriers from different member countries;
- harmonization of national legislation with the European one;
- unified policy in the field of research in transport, ecology, etc.

Under the conditions of the European integration, the transport system of Bulgaria faces a set of challenges such as restructuring on purpose of increasing the competitiveness, ability to react adequately to the European and global integration processes, to contribute to the development of trade and transport in Europe and between Europe and Asia.

2. TRANSPORT STRATEGY OF BULGARIA

The transport strategy is a course of action preliminarily defined and planned by headquarters, taken as a rule for all organizations connected or controlling business activities. This position is based on the leading part of the economic interests.

The transport strategy is a dynamic part of the general strategy of the country. It has a considerable significance in the transport section development and its macroeconomic regulation. The priorities in the National Transport Strategy of Bulgaria (developed in 2000) are the harmonization of the national legislation and transport regulations with the European ones; development of the transport infrastructure; implementation of structural reform and privatization in the transport system. That is why the transport policy of the government is considered with the requirements and criteria of the European Union. The effect of Bulgaria's accession to the EU in the transport system will be achieved by rehabilitation of the existing infrastructure and building a new one, harmonization of the legal base, changes in the institutions, etc.

To achieve these and other goals is of great importance as the transport systems has a key position both in international transit traffic and providing the transport needs of the Bulgarian economy and population.

It is known that the geographic position of Bulgaria is also a challenge defining the significance of the transport system integration into the European one for the national economy. The crossroad positions has predetermined the international traffic because of which the country has been included into a number of transport directions such as AGS, International Directions of Railway Infrastructure of High-Speed Railway Corridors; AGTS, International Directions of Combined Transportation; Corridors of TER Project of the European Union.

The common principles of the European Strategy and transport policy are the base of the transport policy implemented in the country. They are expressed mainly in the following tends: harmonization of the national legislation and the transport regulations with the ones of the EU member countries; restructuring and putting the

[1] Maria Slavova Nocheva, Ph.D., Associate Professor, Todor Kableshkov University of Transport,
158 Geo Milev Street, Sofia 1574, Bulgaria, e-mail:m.slavova.nocheva@abv.bg .

transport activities on market principles, developing the transport market and establishing the equal position of the competition conditions for all carriers, etc.

With the accomplishment of these and other priorities, the transport system in Bulgaria has been applying the market relations more and more matching the influence of different factors at the national level with the development of the European ones.

The EU White Book announced the abolishment of the obstacles existing for traffic of working force, goods, services and capital. According to it, the requirements for transport are directed to increasing its quality and efficiency. What stays in the center of these requirements are the needs of customers. The aim is to establish market principles, new economic subjects and drop out the old ones, to change the technology and organization of transportation, to change the ratio of the different kinds of transport products, etc.

3. PROBLEMS IN TRANSPORT DEVELOPMENT

The restructuring process of the transport system in Bulgaria is a serious challenge in an economic aspect as well as from the point of view both of the costs necessary for it and the considerable benefits that will be realized in future.

In the period of creating and strengthening the united European market the common EU transport policy is oriented mainly to the liberalization of financial, social and technical conditions of transport. The measures of its implementation are supported by directives of fulfillment of agreements about public services and building common European transport networks (TEN – Transport). Their purpose is to eliminate doubling of the different transport modes in the countries and to introduce uniform technical standards.

To accomplish these and other tasks, competition is of certain importance. It appears in various forms on the transport market: of companies of different transport modes, of companies of the same transport mode, etc. The competion of them creates stimuli to regulate the two main factors of the transport market: the price level and the quality of the service offered (speed, frequency, comfort, etc.).

It is characteristic as a whole that the road transport dominates with passenger transportation. For 10 years (1990-2000) the road transport in Bulgaria took 50 % of passenger transportation and a considerable part of freight traffic and international transit traffic. This fact is not due to effective competition and optimal allocation of public resources as much as to some deformations in the competition between the two modes of land transport. The reasons are complex and need a particular economic analysis and grounds.

In general, the road transport is characterized with coordination of dumping prices and participation of subjects who do not meet the requirements of the transport market; there is no governmental strategy, which contains trends for the development of both modes of land transport; the competitive relations between the railway transport and road transport for public benefit are not regulated in legislation, etc.

To function normally, the transport system in Bulgaria needs a more effective state interference in the transport market regulation on the base of which to equalize the conditions for participants in it.

It is also necessary to implement a strategy for balanced development of different modes of transport and approving their priorities; to organize united planning of investments in transport infrastructure, etc. A special attention should be paid to the railway transport development as an exclusively ecological one with the compliance with the Directives 85/337 and 97/11 of the European Union.

The development of ecological transport systems and technologies of passenger and freight traffic to reduce the harmful effect of transport on the environment and health of people is a very important problem which is being worked on a little in the country. That is why the main aim in the accession period is to develop the national transport system on the base of achieving a compliance with the EU standards and norms and to increase its competitiveness on the future common transport market.

The policy of the European Union in the field of transport infrastructure is oriented to harmonizing the national infrastructure of the candidate countries on purpose of achieving economic and social rapprochement. In this connection the help of the European Union for the transport infrastructure development in Bulgaria is given mainly from the two basic structural funds: Rapprochement and European Fund of Regional Development.

4. REFORMS IN RAILWAY TRANSPORT

The law of Railway Transport, which has been in force since 1 January 2002 regulated the complete separation of the infrastructure from transport operation according to the EU requirements. It is only the infrastructure that is a public property while the passenger transportation and freight transportation are carried out by private entrepreneurs.

The development of the railway infrastructure is directed to the successive accomplishment of certain objectives as:

1. Achieving a high level of railway traffic safety by increasing the length of railway lines equipped with automatic onboard signaling from 150 km to 575 km, increasing the number of computerized interlocking systems with 40 new ones and of the control radio connections with 5-7 %.
2. Building trunk and alternative railway connections with all neighboring countries, turning Bulgaria into a transport bridge of the countries in the Western and Central Europe and the countries in Near East, Western and central Asia as well as in the North – South direction, between the Baltic and Adriatic seas.
3. Reaching a traffic speed of 160 km/h along the trunk routs of the railway network with an ordinary rollig stock and of 200 km/h with specialized passenger motor cars; electrification of new 350 km railway lines.

The building of a railway infrastructure meeting the European standards is of substantial importance for the EU accession of Bulgaria. According to the assessments of the EU experts, the total amount of costs for infrastructure rehabilitation connected with the trans-European transport corridors in the country will be compensated by the efficiency effect to be realized through the reduction of time of traveling and freight transportation, the decrease of

operational costs of carriers, the reduction of the costs for the infrastructure and rolling stock maintenance, the decrease of the number of accidents, etc.

In this direction the Bulgarian Railways are given huge investments mainly to help the non-profitable services and for the infrastructure rehabilitation and building. Together with that the efficiency of the air transport and the labor productivity of the Bulgarian air transport companies is considerably lower than those of the European ones. The commercial fleet does not meet the EU standards due to which its ships are not admitted often to the European ports.

In this connection the program ISPA of the European Union, together with PHARE and SAPARD, is one of the three financial instruments available for the candidate countries. The help is directed mainly to transport and environment.

Together with TINA project long-term projects of transport infrastructure development have been identified for the period of 1999-2015 including railway lines, roads, ports, terminals. This project aims at providing the candidate countries for membership in the EU with an access to the funding organizations: the programs such as PHARE, ISPA, SAPARD, the European Investment Bank. World Bank, the European Bank of Reconstruction and Development.

It is necessary to carry out more precise social and economic analyses with planning the railway investments to faster overcome lagging behind of railway transport restructuring, to put in action the legal frame of the access of private operators to the railway infrastructure, to establish a uniform mode of funding activities resulting in losses in the field of public services, to develop combined transportation and cover the requirements of the Railway Development (91/440/EEC).

5. CHANGES IN OTHER TRANSPORT MODES

The road transport involves the biggest section in Bulgaria. The restructuring of the road transport and the market regulation of transportation is carried our according to the Law of Road Transportation (1999) and the Convention of International Freight Transportation. They arrange the conditions and order of domestic and international passenger and freight road transport by Bulgarian and foreign carriers, etc. According to forecasting of experts, the costs with bus and truck fleet changing will amount to 617 million EURO in the accession period because of the increased technical requirements. About 75 % of the bus and truck fleet in the country was produced more than 10 years ago or 35 % of the bus and truck fleet available cannot pass the tests of harmful emission with operation successfully. These vehicles have to be replaced with new ones to meet the requirements of the Eu.

The long-term costs connected with the changes in the organization of the transportation process or in capital costs of transportation are expected to amount to 1099 million EURO to 2008. They will be taken mainly by carriers.

Together with that the state of the air fleet in the air company has made necessary to buy new planes on purpose of noise-reduction at the cost of 190 million EURO. The liberalization of the air transport will lead to removing the limits of pricing and quantity of transport services on the base of bilateral agreements. That will create a precondition to increase the efficiency of using the air fleet available.

The technical state of the Bulgarian Sea Fleet requires funding 235 thousand EURO annually for capital repairs.

The expansion and rehabilitation of the existing infrastructure will result in considerable saving due to decreasing the time of passenger and freight transportation. With a more complete synchronization of regulations and better organization of transport process in Bulgaria in compliance with those in the EU, it should be made possible to open new work places in the road, air and railway transport. That will contribute to providing budget revenues by taxes and increasing the life standard in the country.

6. CONCLUSION

According to the Treaty of European Economic Community, the transport policy in the EU means a free access to transport services and unlimited access of the transport operators from the member countries to the domestic transport markets of other member countries.

Under the contemporary conditions and challenges the transport system of Bulgaria will be developing both in the direction of the European integration and the Balkan collaboration. It will provide infrastructure connecting the European countries, the Black Sea region and Asia. The purpose is Bulgaria to become a part pf the modern common European transport market with a behavior and aims directed to the European economic potential.

REFERENCES

[1] Directive for Railway Development (91/440/EEC), 29 July 1991.
[2] European Agreement of Association Between the EU Member Countries and Bulgaria, European Union, No 4, Institute of Public Administration and European Integration, Sofia, 2003.
[3] National Strategy of Transport Development, 2000.
[4] Law of Railway Transport, 2002.
[5] Law of Road Transport, 1999.
[6[Statistics Annual of Bulgaria, Sofia, 2003.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

ИНОВИРАЊЕ ЗНАЊА ЗАПОСЛЕНИХ СА ВИСОКОМ СТРУЧНОМ СПРЕМОМ У ЖТП "БЕОГРАД" КАО МОГУЋА СТРАТЕГИЈА УПРАВЉАЊА КАРИЈЕРОМ

Драгана Стевовић [1]

Резиме *- Тема овог рада јесте процена потреба за иновирањем знања, код запослених са високом стручном спремом, у ЖТП "Београд", као полазне претпоставке развијања стратегије управљања каријером наведене групе запослених. У циљу прикупљања потребних података спроведена је анкета на узорку од преко хиљаду запослених. Добијени резултати истраживања говоре о процени потребе за иновирањем знања, о ставовима запослених према додатном образовању и обучавању и о доминантним "сидриштима" за већину запослених који су учествовали у испитивању.*

Кључне речи - железница, запослени, образовање, управљање

1. УВОД

Непрекидно образовање запослених прави је одговор на промене које се у пословној средини дешавају непрестано и веома брзо. У том смислу, многе савремене организације раде на формулисању "стратегије знања", с обзиром да се шансе организације за иновирање и унапређивање конкурентске позиције на тржишту увећавају, паралелно са растом нивоа знања запослених.

Реализација пословног концепта железнице такође захтева савремена знања, у циљу успешне примене нових метода управљања и повећавања продуктивности рада. Нове циљеве је могуће постићи само уз перманентно прилагођавање интерним и екстерним условима пословања, што од запослених захтева иновирање знања, другачије радно ангажовање и другачије професионалне квалитете. У циљу успешног испуњавања наведених захтева веома је важно да запослени граде каријеру.

Будући да се савременим организацијама, које желе успешно да послују, упућују велики захтеви за додатним образовањем и обучавањем, иновирањем знања и трајном оријентацијом на промене, као и да се уважавање специфичних знања и вештина запослених сматра једном од стратегија управљања каријером (Чизмић, 2000.) постављен је двоструки циљ овога рада:

1. процена потреба за иновирањем знања код запослених са високом стручном спремом у ЖТП "Београд"
2. развијање стратегије управљања каријером запослених са високом стручном спремом у ЖТП "Београд", дефинисане као уважавање и толеранција знања и вештина запослених

На овај начин посматрано, основни циљ овога рада - процену потреба за иновирањем знања запослених са високом стручном спремом, могуће је посматрати са два становишта: са становишта организације (организовање процеса образовања и успешно пословање) и са становишта личности запосленог (управљање каријером). Предности организације у којој запослени граде каријеру, вишеструке су:

- запослени су високо мотивисани за посао
- повећава се лојалност запослених организацији
- запослени напредују, развијају се, што значи да и цела организација напредује и развија се
- лакша имплементација нових пројеката
- олакшавања процеса процењивања, награђивања и унапређивања запослених

Запослени који граде каријеру такође, са своје стране, имају погодности:

- осећај сигурности
- реалнија слика о себи
- усвајање и проширивање знања и искустава
- одржавање дугорочнијих циљева у животу

За ЖТП "Београд" веома је важно, с обзиром на процес реструктурирања и бројне захтеве и промене које тај процес доноси, да се што пре отпочне систематски процес образовања запослених, заснован на подацима процене потреба у савременом пословном тренутку. Истовремено, за ЖТП "Београд" је такође важно да се у оквиру функције управљања људским ресурсима развије управљање каријером запослених, јер шеме и токови каријере запослених могу олакшати многе захтеве у будућем предузећу (на пример, лакше имплементирање нових менаџерских шема).

Сумирајући до сада речено, може се закључити да процена потреба за иновирањем знања запослених, било као предуслов успешног организовања процеса перманентног образовања запослених, било као део стратегије управљања каријером запослених, може имати вишеструке позитивне ефекте на ЖТП "Београд":

- ЖТП "Београд" мора посветити адекватну пажњу високообразованом кадру, који је иначе у предузећу заступљен у релативно малом проценту у односу на укупан број запослених, а управо високообразовани кадар треба да буде носилац предстојећих промена
- програм смањивања броја запослених у ЖТП "Београд" лакше ће се остварити уколико се буде ослањао на податке управљања каријером запослених

[1] Мр Драгана Стевовић, ЖТП "Београд, Немањина 6, 11000 Београд, е - mail: dspsiho@net.yu

- управљање каријером запослених омогућава извесну стабилност организацији у променљивим условима пословања

На крају, може се закључити да нови начин пословања захтева од запослених нови однос према раду, али и од организације, нови однос према запосленима.

2. УЗОРАК, МЕТОДЕ И ТЕХНИКЕ ПРИКУПЉАЊА ПОДАТАКА

У циљу процене актуелности и адекватности знања запослених у ЖТП "Београд", јуна 2003. године спроведена је анкета. Анкету су попуњавали запослени са високом стручном спремом. Циљна група запослених са високом стручном спремом изабрана је у контексту значаја које високо образовање запослених има у светлу бурних промена и процеса реструктурирања кроз који ЖТП "Београд" пролази; такође, запослени са високом стручном спремом могу се сматрати циљном групом из које се регрутују будући менаџери који треба да управљају предстојећим променама и изнесу највећи део промена.

Од укупног броја запослених са високом стручном спремом, 1353 (податак добијен на дан 31. 01. 2003.), анкету је попунило 1148 запослених. Анкетом су обухваћена питања груписана на следећи начин: општи подаци о запосленима, процена потреба за иновирањем знања, ставови запослених према додатном образовању и обучавању, доминантна "сидришта" за већину запослених, односно, система вредности и очекивања везаних за посао.

Подаци су прикупљени методом упитника. Питања су била затвореног типа (што значи да су запослени само означавали понуђени одговор који изражава њихово мишљење); само једно питање је било отвореног типа, што значи да су запослени уписивали своје мишљење (то је питање које се односи на ставове запослених према додатном образовању и обучавању, а гласи: Наведите како видите будуће образовање менаџера у ЖТП "Београд").

За обраду података добијених анкетом коришћене су методе дескриптивне статистике - процентна анализа.

3. ПРИКАЗ И ТУМАЧЕЊЕ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

3.1. Општи подаци о запосленима са високом стручном спремом

Са становишта потреба за додатним образовањем и обучавањем запослених са високом стручном спремом, интересантни су општи подаци о пословима које обављају, врсти завршеног факултета и години дипломирања.

Висок проценат запослених са високом стручном спремом обавља послове руковођења (40, 68 %), док се стручним радом бави 59,32 %. Међу завршеним факултетима доминирају Економски (18,38 %), Саобраћајни (16,81 %), Машински (15,16 %) и Правни (13,68 %). Више од половине запослених је своју диплому стекло пре више од двадесет година (52,44 %).

На основу анализе оваквих општих података, могуће је закључити да је велики број запослених са високом стручном спремом своје дипломе стекао давно, да је велики број запослених са високом стручном спремом ангажован на пословима руковођења и да доминирају факултети који у својим програмима основних студија нису имали у довољној мери заступљена знања о менаџменту.

Дакле, већ на нивоу општих података о запосленима, постоји евидентна потреба за додатним образовањем и обучавањем запослених са високом стручном спремом, у области савременог менаџмента, с обзиром да велики број запослених обавља функције руковођења, а знања која поседују нису у довољној мери адекватна (врста факултета) нити савремена (година дипломирања).

3.2. Процена потреба за иновирањем знања

3.2.1 Учесталост похађања различитих врста додатног образовања

Запослени са високом стручном спремом су у веома малом проценту, 4,18 %, похађали специјалистичке студије и постдипломске студије, 3,31 % (табела 1). Ови подаци су у границама очекиваних, с обзиром да природа послова коју запослени са високом стручном спремом обављају захтева специфична знања са високим степеном употребљивости у организацији, што значи да академске врсте додатног образовања нису нужно потребне.

Табела 1. Академски облици додатног образовања

Облик додатног образовања	Учесталост похађања		
	ДА	НЕ	Укупно
Специјалистичке студије	48 4,18%	1100 95,82%	1148 100,00%
Постдипломске студије	38 3,31%	1089 94,86%	1127 98,17%

Табела 2. Стручни семинари и курсеви

Врста образовања	Учесталост похађања			
	Никада	Понекад	Често	Укупно
Стручни семинари и курсеви	487 42,42%	598 52,09%	63 5,49%	1148 100,00%

Веома висок проценат (42,42 %) запослених никада није похађао стручне семинаре и курсеве, што представља забрињавајући податак, с обзиром да 59, 32 % запослених са високом стручном спремом обавља послове у којима се захтева стручан рад. Такође, висок проценат одговора у категорији "понекад" (52,09 %) не може бити задовољавајући, зато што је концепт перманентног образовања, који је потребан у савременом пословном тренутку, суштински одређен као континуиран, а не дисконтинуиран појам, што иначе подразумева одредница "понекад".

Табела 3. Врсте стручних семинара и курсева

Врста семинара	Учесталост похађања		
	ДА	НЕ	Укупно
Менаџмент	45 3,92%	1103 96,08	1148 100,00%

Управљање људским ресурсима	34 2,96	1114 97,04	1148 100,00%

Алармантан податак представља добијени резултат да преко 95 % запослених са високом стручном спремом, огромна већина, никада нису похађали стручне семинаре и курсеве из области менаџмента и управљања људским ресурсима. Овакви подаци још више добијају на значају када се узме у обзир податак да 40,68 % запослених са високом стручном спремом обавља функције руковођења.

Табела 4.Стручни часописи, научни скупови и стручни радови

Врста образовног садржаја	Број и проценат запослених	
Стручни часописи	723	62,98 %
Публиковани радови	151	13,15 %
Стручни скупови	636	55,40 %

Имајући у виду проценат запослених са високом стручном спремом који се бави стручним радом (59,32 %), веома су задовољавајући подаци који говоре о праћењу стручних часописа и скупова. Ови подаци, да више од половине запослених са високом стручном спремом прати стручне часописе и скупове, говори само о информисаности запослених, али не и о правом стручном усавршавању и образовању. Податак да само 13,15 % запослених са високом стручном спремом има публиковане радове говори у прилог потребе за развијањем посебне врсте културе стручног комуницирања и активности, кроз објављивање стручних радова.

Табела 5. Знање страног језика

Језик	Чита	Пише	Говори
Бар 1 страни језик	954 83,10%	746 64,98%	747 65,07%

Податак да више од половине запослених са високом стручном спремом може да се "служи" бар једним страним језиком, задовољавајући је, али само као основа за даље усавршавање знања језика. Имајући у виду потребе за праћењем стручне литературе, и послове руковођења, односно, комуникацију са међународним институцијама, јасан је значај познавања страних језика за запослене са високом стручном спремом. Добијене податке треба узети са извесном резервом, јер су засновани на субјективној процени знања. Поузданије информације о знању језика свакако би биле оне прикупљене неком од објективнијих метода - тестова.

3.2.2 Процена потреба за различитим врстама образовних садржаја

У циљу што успешнијег организовања процеса образовања, као перманентног и систематског процеса, запосленима са високом стручном спремом понуђене су различите врсте образовних садржаја. За сваку врсту образовног садржаја запослени су процењивали степен неопходности.

Као што се из табеле 6. може видети, запослени сматрају да су им у највећој мери потребна додатна знања страних језика, менаџмента и савременог пословног окружења. У најмањој мери потребни су заштита животне средине, квалитет и управљање људским ресурсима.

Процена запослених о неопходности знања страних језика, менаџмента и савременог пословног окружења у великој мери делује реално и саобразно савремном пословном тренутку. Приликом организовања процеса едукације свакако би требало да наведени образовни садржаји добију временски приоритет.

Међутим, процена запослених да су у најмањој мери потребни садржаји као што су заштита животне средине, квалитет и управљање људским ресурсима, не може се узети као реална у оптималној мери. Она је пре плод управо недостатка перманентног образовања, које има за последицу недостатак свести о потреби и важности одређених садржаја, који ће можда тек у будућности добити прави значај. Поред тога, процена потребе за наведеним образовним садржајима од стране запослених, може бити израз њиховог става о приоритету одређених садржаја а не о правом недостатку образовних потреба.

Табела 6. Процена потребе за различитим врстама образовних садржаја

Врста образовног садржаја	Степен неопходности			
	Није потребно	Нисам сигуран	Потребно је	Укупно
Савремено пословно окружење	445 38,76%	114 9,93%	589 51,31%	1148 100,00 %
Менаџмент	414 36,06%	97 8,45%	637 55,49%	1148 100,00 %
Маркетинг	544 47,39%	160 13,94%	444 38,68%	1148 100,01 %
Управљање људским ресурсима	588 51,22%	147 12,80%	413 35,98%	1148 100,00 %
Квалитет	617 53,75%	183 15,94%	348 30,31%	1148 100,00 %
Финансије	530 46,17%	157 13,68%	461 40,16%	1148 100,01 %
Електронско пословање	463 40,33%	117 10,19%	568 59,48%	1148 100,00 %
Заштита животне средине	681 59,32%	173 15,07%	294 25,61%	1148 100,00 %
Савремена уговорна пракса	530 46,17%	182 15,85%	436 37,97%	1148 99,99 %
Страни језици	400 34,84%	69 6,01%	679 59,15%	1148 100,00 %

3.3. Ставови запослених према додатном образовању и обучавању

С обзиром да велики број запослених са високом стручном спремом обавља функције менаџера (40,68 %), и да је њихов значај изузетно велики у процесу реструктурирања, интересантни су подаци који говоре о заинтересованости запослених за укључивање у процес додатног образовања о менаџменту.

Табела 7. Заинтересованост запослених за укључивање у процес додатног образовања о менаџменту

Спремност запослених	ДА	Нисам сигуран	НЕ	Укупно
	886 77,18%	118 10,29%	144 12,54%	1148 100,01%

Веома велики број запослених са високом стручном спремом је заинтересован за укључивање у процес додатног образовања оменаџменту (77,18%), што говори о томе да су запослени свесни значаја који успешно руковођење има у савременом пословном тренутку. На питање *Како видите будуће образовање менаџера у ЖТП "Београд"*, запослени су дали следеће одговоре (табела 8.).

Табела 8. Будуће образовање менаџера у ЖТП "Београд"

Врста образовања	f	%
Курсеви и семинари у земљи и иностранству	1188	70,38%
Перманентно образовање	177	10,49%
Информисање	116	6,87%
Специјализација	91	5,39%
Остало	116	6,87%

Као што се може видети, запосленима би највише одговарало додатно образовање менаџера у форми семинара и курсева у земљи и иностранству. Семинари и курсеви су иначе веома погодан облик додатног образовања, тако да би испуњене ставове запослених требало уважити приликом планирања и организовања будуће едукације менаџера.

3.4. Доминантна "сидришта" за већину запослених

Доминантни системи вредности и очекивања везаних за посао ("сидришта"), веома су важни са становишта грађења каријере запослених. Према познатом организационом психологу Шејну (Schein, 1993.), постоји осам сидришта, односно места где се у датим околностима остварују циљеви каријере запосленог, сједињују његове способности, жеље, вредности и мотиви: менаџерска компетенција (усредсређеност на активности управљања), стручна компетенција (остваривање вештина и знања у експертском смислу), сигурност (поузданост и сигурност посла), аутономија и независност (независност у односу на правила, временска ограничења, статусне симболе), креативност и предузетништво (оријентација на самосталан рад и предузетничку иницијативу), изазови (усредсређеност на посао који пружа изазове, борбу са конкуренцијом), посвећеност идеалу (усредсређеност на послове који имају неки виши значај, било социјални, религиозни или политички), интеграција животних стилова (остваривање равнотеже између посла, са једне стране и породице, слободних активности и интересовања, са друге стране).

Степен прихватања сваког од описаних сидршта, запослени су означавали на тростепеној скали (табела 9).Као што се може видети из приказаних резултата, доминантна сидришта за већину запослених јесу сигурност посла (70,82 % запослених прихвата ово сидриште) и интеграција животних стилова односно,остваривање равнотеже између посла са једне и породице, интересовања, са друге стране (70,38 % запослених прихвата ово сидриште),и стручна компетенција, односно, остваривање вештина и знања у експертском смислу (60, 89 % запослених прихвата ово сидриште).

Табела 9. Доминантна сидришта

Сидришта	Степен прихватања			
	ДА	Нисам сигуран	НЕ	Укупно
Менаџерска компетенција	555 48,34%	217 18,90%	376 32,75%	1148 99,99%
Стручна компетенција	699 60,89%	159 13,85%	290 25,26%	1148 100,00%
Сигурност посла	813 70,82%	78 6,79%	257 22,39%	1148 100,00%
Аутономија	379 33,01%	316 27,53%	453 39,46%	1148 100,00%
Креативност и предузет-ништво	558 48,61%	231 20,12%	359 31,27%	1148 100,00%
Посао који пружа изазове	599 52,18%	206 17,94%	343 29,88%	1148 100,00%
Послови који имају виши значај	216 18,82%	296 25,78%	636 55,40%	1148 100,00%
Равнотежа између посла и породице	808 70,38%	93 8,10%	247 21,52%	1148 100,00%

Добијени резултати лако су објашњиви, с обзиром на тренутак у којем предузеће послује. Наиме, потреба за смањивањем броја запослених, присутна у предузећу,и ширем друштвеном контексту, појачава потребу за сигурношћу посла код запослених; потреба за сигурношћу посла у сагласности је пак са тенденцијом остваривања равнотеже између посла и породице, јер, особа која жели равнотежу између посла и породице, вероватно жели и сигуран посао.

На овај начин посматрано, два најдоминантнија сидришта за запослене са високом стручном спремом у ЖТП "Београд", сигурност посла и интеграција животних стилова, били би везани за шири друштвени контекст посла, односно, социо-економску компоненту посла. Стручна компетенција, односно, остваривање знања и вештина у експертском смислу, иначе на трећем месту по степену прихватања код запослених, означавала би непосреднија очекивања запослених везана за посао који обављају. У том смислу, могло би се закључити да се процес додатног образовања и

обучавања сасвим уклапа у системе вредности и очекивања запослених у односу на посао који обављају, те би се процес додатног образовања и обучавања могао сматрати стратегијом развоја каријере запослених са високом стручном спремом у ЖТП "Београд".

4. ЗАКЉУЧАК

На основу резултата испитивања описаног у овом раду, могло би се закључити:

1. Постоји евидентна потреба за додатним образовањем и обучавањем запослених са високом стручном спремом. Овакав став базиран је на следећим подацима:
   - више од половине запослених са високом стручном спремом своје дипломе је стекло пре више од двадесет година
   - већина запослених са високом стручном спремом није никада похађала стручне семинаре и курсеве или је то чинила само понекад
   - запослени са високом стручном спремом имају позитиван став према додатном образовању и у највећој мери га виде у форми семинара и курсева у земљи и иностранству
   - запослени су свесни значаја послова руковођења у савременом пословном тренутку
2. Доминантна сидришта за запослене са високом стручном спремом јесу сигурност посла и интеграција животних стилова, као и стручна компетенција, односно, остваривање вештина и знања у експертском смислу.

С обзиром на изражени степен прихватања стручне компетенције код запослених са високом стручном спремом, може се донети генерални закључак: додатно образовање и обучавање можемо сматрати стратегијом у развоју каријере запослених са високом стручном спремом у ЖТП "Београд": додатно образовање и обучавање доприносу остваривању вештина и знања у експертском смислу, које представља једно од водећих "сидришта" за запослене.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Гринберг, Џ., Барон, А., "Понашање у организацијама" Желнид, Београд, 1998.
[2] Гузина, М.,"Кадровска психологија", Научна књига, Београд, 1980.
[3] Јанићијевић, Н., "Од кадровских послова до управљања људским ресурсима", Економика предузећа, година XLVIII, стр. 255 - 258, нов.-дец. 2000.,
[4] Петковић, Г.,"Место и улога знања у управљању људским ресурсима", Економика предузећа, година XLVIII, стр. 301 - 309, нов.-дец. 2000.
[5] Чизмић, С., "Управљање каријером", Економика предузећа, година XLVIII, стр. 294 - 301, нов.-дец. 2000.
[6] Schein, E., H., "Career Anchors: Discovering Your real Values", London, Pfeiffer and Co., 1993.
[7] Стонер и сарадници, "Менаџмент", Желнид, Београд, 1997.

REFRESHING KNOWLEDGE OF HIGH LEVEL EDUCATED EMPLOYEES AS A MANAGING CAREER STRATEGY

Dragana Stevović

Abstract - *The subject of this paper is assessments of the necesity for refreshing knowledge of high level educated employees' as a first assumption in developing strategy in career management. More than 1000 employees' filled the questionairre. The results of this investigation give us information about necesity for refreshing knowledge, about attitudes toward education and about employees' values, experiences and expactations from their jobs.*

Key words - railway, employees', education, management

XI ŽELKON '04 RAILCON '04 2004

INTERDISCIPLINARY APPROACH IN TRANSPORT STAFF TRAINING

Borislav Dimitrov Benchev [1], Anna Petrova Dzhaleva-Chonkova [2]

Abstract *– The paper presents problems concerning the interdisciplinary approach in transport staff training. The implementation of this approach has been imposed by the modern development of technologies and the necessity of economic knowledge for engineers. The experience of some of the technical universities in Bulgaria, especially of the University of Transport, has been analyzed showing some results of applying the interdisciplinary approiach in the educational process and transport staff training.*

Keywords - Interdisciplinary approach, railway staff training.

1. INTRODUCTION

The application of information technologies and the process of globalization have put new challenges to the system of higher education. The necessity to increase the quality of teaching has been grounded both by the dynamics of the advanced science and practice developed in a unity and by the expectations of students to acquire knowledge adequate to the contemporary conditions in the world. Besides the special training in a certain field, the specialists in engineering have to possess also general knowledge and multi-functional skills to orient themselves in the complex life situations and to make effective decisions on the base of flexibility, adaptability and creativeness.

To train such engineers especially for the needs of transport requires new decisions and methods in the process of teaching as well as in workshops and internship. The concept of narrow specialization and the strict division of the fields in science has been giving in more and more to the interdisciplinary approach, which has been intensively strengthening its position. This approach is not identified only with the appearance and development of borderline sciences such as biophysics, biochemistry, tribology, biomechanics, etc. It presents a new "philosophy" of teaching subjects and developing the courses for all programs and the curricula of institutions of higher education as a whole.

Striving to complete their objectives, people have been using more and more new scientific methods. They help them to achieve more complex aims put preliminarily. The complexity of the modern equipment and especially of that in the process of development has been increasing exponentially, which is a main feature of the modern age.

2. FACING INTERDISCIPLINARY APPROACH

The structures created by engineers have been using knowledge of borderline sciences more and more to a great extent. If until recently the constructor of vehicles does not have to consider the environment, the constructor of airplanes does not have to think how to overcome the sound barrier by a passenger liner, nowadays they have to take into account the latest trends of technology as well as the requirements of economic and environmental sustainability. The challenges to railway specialists are not as less as to the others because they have to match the high-speed traffic with its safety and reliability developing both the rolling stock and infrastructure.

All these problems have put the requirement for changing the approach to the educational process, for analyzing its present state on purpose of its improving by interdisciplinary training.

"Interdisciplinary" means all embracing and multi-sided. This definition applied to examination on certain problems requires to use methods and achievements of other fields of science. As an approach it has not only theoretical, but also applied aspects, especially in engineering and technologies. A symptomatic example is computerization and using robots in the manufacturing section: not only certain machines, but also entire assembly lines and manufacturing processes are controlled by appropriate software. In this aspect, a contemporary engineer has to know thoroughly equipment and the principles of its functioning with a high level of computer abilities. Besides that, his/her successful career under the conditions of market economy and the European integration is unthinkable without management abilities and using foreign languages.

The implementation of new technologies, a new structure of management or even market principles will make the narrow specialized education inadequate. The purpose of training is to teach students how to think and study but not simply to accumulate facts.

What transport and business need on all levels, is industrious people but not robots.

Employers would like to appoint self-disciplined people who are able to adapt themselves to continuous problems and are ready to face new challenges.

To create the basic values necessary for the future engineers is of vital importance for help them cope with the challenges in their lives. Nowadays students are required to give their opinion on disputable matters that are of great importance for the future of transport and society as a whole. To exercise a democratic vote is not possible if young people are not able to critically evaluate variants proposed and if they do not object to the extremist trends.

[1] Borislav Dimitrov Benchev, PhD, Associate Professor, Todor Kableshkov University of Transport,
158 Geo Milev Street, Sofia 1574, Bulgaria, e-mail: bbenchev@vtu.bg.
[2] Anna Petrova Dzhaleva-Chonkova, PhD, Todor Kableshkov University of Transport,
158 Geo Milev Street, Sofia 1574, Bulgaria, e-mail: adzhaleva@yahoo.com.

Education is one of the most effective tools to establish democracy.

3. UNIVERSITY OF TRANSPORT EXPERIENCE IN APPLYING THE APPROACH

If the abilities mentioned above are important for the successful promotion of a young specialist in all social sections, they are absolutely necessary for engineers, especially for those working in the field of transport. In its specificity transport, including the railways, integrates the control on machines and management of people, connecting the product and its user in a united logistics system as well as the infrastructure, rolling stock and environment. Transport provides mobility of people and exchange of ideas, information and cultural values.

This is the reason why the teachers at the Todor Kableshkov University of Transport (UT) cannot stay aside the idea of wider application of the interdisciplinary approach. Hence, they eagerly took up the participation in the interuniversity project of five universities: Technical University of Sofia (a promoter) and Technical University of Forestry, University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy (partners). The team from the UT has been not only active, but also creative in the project implementation.

The project was developed on the base of the common vision of all participants on the nature of the interdisciplinary approach as a style of teaching that unites a number of sciences to solve certain problems. This approach opens new perspectives in higher education approving the understanding that subjects are taught not only one by one, in a logical succession, but that they can express themselves by each other. The importance of the approach has been generalized in the common statement that the center of all subjects has been displacing into the boundary area between them.

The project has been aimed at using the disciplinary, multi-disciplinary and interdisciplinary approaches as a set of methods. The multi-disciplinary approach presents a use of knowledge, methods and specialists in different subjects to solve certain problems with the leading part of one of them. The interdisciplinary approach expands this description including elements of the borderline fields between subjects. Moreover, the interdisciplinary character of teaching unites the three approaches on the integral principle according to the problematic situation. It is provided that this character of teaching will become a new educational doctrine, as the first results based on the common ideas of the project partners have already shown.

The mutual actions of all universities within the project included organizational and structural tasks connected with establishing the so-called Interuniversity Interdisciplinary Council as well as theoretical work on developing the application of the interdisciplinary approach in practice. In October 2003 the partners organized an international seminar and later published a special book entitled *Issues of Interdisciplinary Engineering Education.* However, the core of the project concerned the specific objectives set to each university. They were directly oriented to the educational process. Especially for the University of Transport, the aim was to develop two new interdisciplinary courses in the MSc degree program at the Faculty of Equipment, Technology and Management of Transport. The courses developed were in:

- Ecology and Transport;
- Engineering Experiment.

To improve the quality of the course in Engineering Experiment, the University of Transport has opened a special laboratory equipped with computers. The team working on the project formally consists of seven teachers (including some young teachers and PhD students) but in fact the people inspired by the idea of applying the interdisciplinary approach are much more. The lecturers in Engineering Experiment wrote a textbook, which is under publishing at the moment.

The project, which was developed for year, has only put the beginning of the interdisciplinary approach further expansion at technical universities. The promoters of the project have provided to keep the new structure, Interuniversity Interdisciplinary Council, keeping on its main activities of methodological assistance and support in developing other similar initiatives. There is no doubt that the experiment with the two new courses developed at the University of Transport will encourage further innovation efforts in teaching.

The results of the project can be used to develop new courses at the specialized transport faculties and departments in the Balkan countries, some of which took part in the international meeting organized within the Regional Program for Transport Staff Training project in June 2002. The university of Transport has also signed signed a few bilateral agreements of colaboration with similar institutions of higher education in Serbia.

4. CONCLUSION

To apply the interdisciplinary approach is not a campaign task. It is a way to improve the quality of training at the institutions of higher education according to the new technological and economic realities, under the conditions of integration and globalization processes. The success of the difficult but urgent activity to widely apply this approach needs the united efforts of teachers, PhD and other students. Being contemporaries of the 21st century, it is our task to renew not only the educational system, but also the world as a whole on purpose of achieving sustainability, stability and prosperity of the future.

REFERENCES

[1] Issues of Interdisciplinary Engineering Education, Sofia, 2003.

[2] Benchev, B. & E Dimitrov. Engineering Experiment, Sofia, 2004.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

ОПШТА И ЛИЧНА БЕЗБЕДНОСТ У ЖЕЛЕЗНИЧКОМ САОБРАЋАЈУ

Чедомир Ј. Митић[1], Слободан Р. Гојковић[2]

Резиме: *У раду аутори анализирају: појам ванредних догађаја, факторе безбедности железничког саобраћаја, утицај људског фактора на безбедност железничког саобраћаја, утицај техничких фактора на безбедност железничког саобраћаја, узроке ванредних догађаја на путним прелазима, дужности и мере безбедности приликом кретања и задржавања лица на железничком подручју, превентивне мере у циљу очувања безбедног и уредног одвијања железничког саобраћаја, мере за очување личне безбедности путника.*

Кључне речи: железнички саобраћај, ванредни догађаји, безбедност железничког саобраћаја, лична безбедност.

1. УВОД

Модернизацијом и електрификацијом пруга, повећањем брзине возова, са применом врхунске и модерне технологије, намеће се железничком раднику стална опрезност и максимална пажња приликом вршења службе а све у циљу што безбеднијег саобраћаја. Непобитна је чињеница да су услови железничких радникана раду тешки, да режим рада који технологија железничког саобраћаја намеће већини радника, захтева изузетне напоре, поготово када се има у виду специфичност услова рада, као и посебни захтеви на радним местима. Извршилац- радник, који се приликом извршења радних задатака, придржава прописа и мера техничке заштите, не штити само себе од могућег повређивања, већ истовремено и своје колеге.

На данашњем степену развоја саобраћајне технике у железничком саобраћају, корисницима превозних услуга за задовољење саобраћајних потреба стоје на располагању саобраћајна средства од најстаријих до модерних, којих, на нашу жалост, још нема у довољној мери.

Због тога је безбедност људских живота и материјалних добара један од основних задатака железнице, у оквиру извршења свог основног задатка.

Безбедност при превозу није никада апсолутна, она може бити само релативна. Она зависи од техничких услова,средстава и усаглашености капацитета са захтевима привреде у остварењу превозних услуга, начину организовања технолошког процеса, од постављене унутрашње организације железничких организација, уредности и тачности при превозу и низ других релевантних детаља у технолошком процесу превоза. Основни узроци поремећаја безбедности железничког саобраћаја леже пре свега у несавршености људског рада као и могућих грешака у раду и у организацији извршења превоза.

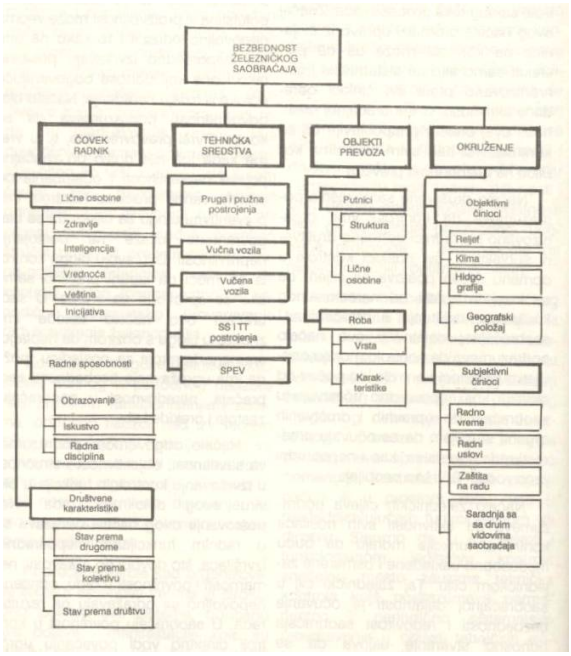
Дакле, безбедност и побољшање безбедности на железници је у директној зависности и од могућности бржег одвођења и укључивања модерних средстава у експлоатацију. Уредност и тачност у обављању превоза су квалитативне експлоатационе карактеристике, које могу битно да утичу на степен безбедности железничког саобраћаја. Тачност превоза подразумева одвијање процеса превоза по већ утврђеном реду вожње и без прекида, и да при томе нема закашњења у саобраћају возова. Друштвена заједница је веома заинтересована за испуњење квалитативних захтева у процесу превоза. Јер испуњењем тих захтева корисницима железничког превоза се пружа пунија безбедност људских живота и робе. И поред максималних мера које се предузимају у циљу елиминисања узрока ванредних догађаја, удеси се, ипак, дешавају. Све ово показује и указује да се овом проблему мора посветити још већа пажња, уз максималну примену свих превентивних мера, како би се број удеса свео на најмању могућу меру, а све у циљу повећања степена опште безбедности као и личне безбедности путника док се наалзе на железничком подручју и док путују возовима.

2. ПОЈАМ ВАНРЕДНОГ ДОГАЂАЈА

У условима развијеног железничког саобраћаја безбедност постаје проблем од општедруштвеног значаја који захтева перманентно праћење и предузимање мера за заштиту радника и имовине у железничком саобраћају. Шири друштвени интерес за повећање безбедности железничног саобраћаја сасвим је разумљив када се има у виду да се у удесима и незгодама у железничком саобраћају угрожавају животи путника и других лица, наносе огромне материјалне штете и изазива узнемиреност јавности.Из тог разлога је безбедност железничког саобраћаја један од основних и најбитнијих задатака на железници.

Ванредним догађајем сматра се догађај због којег је настала најмање једна од наведених последица: смрт, тежа озледа или угрожавање живота лица, материјална штета, прекид саобраћаја возова на једном колосеку двоколосечне или вишеколосечне пруге, угрожавање или отежавање вршења саобраћаја.

[1] Чедомир Ј. Митић, маш. инж., Секција за вучу возова и ТКС Ниш, Сарајевска 22, 18000 Ниш
[2] Слободан Р. Гојковић, маш. инж., Секција ЗОВС Ниш, Сарајевска 22, 18000 Ниш



Slika 1. Osnovni činioci bezbednosti železničkog saobraćaja sa činiocima koji ih defišišu i određuju

Vanredni događaji deleu se na sledeće grupe:

а) Udesе

б) Nezgode

в) Vanredne događaje na putnim prelazima ili vanputnih prelaza na železničkom području i

г) Smetње.

Slika 2. Broj vanrednih događaja

Prema uzrocima nastanka, vanredni događaji deleu se na one nastale zbog:

- ličnih propusta nastalih pri vršenju železničkog saobraćaja,
- tehničkih mana na sredstvima,
- elementarnim nepogodama i
- nepažnje ili zlonamerног delovanja putnika i trećih lica.

Slika 3. Uzroci vanrednih događaja

Slika 4. Posledice vanrednih događaja

3. FAKTORI BEZBEDNOSTI ŽELEZNIČKOG SAOBRAĆAJA

Osnovni faktori bezbednosti železničkog saobraćaja su tehnička sredstva sa sopstvenim tehničkim i funkcionalnim mogućnostima i radnici-izvršioci koji neposredno učestvuju u vršenju železničkog saobraćaja. Osim toga, značajan uticaj na stanje bezbednosti železničkog saobraćaja imaju intenzitet i redovitost saobraćaja, uslovi privređivanja kao i izvršenje plana razvoja železnice, normativno regulisanje bezbednosti železničkog saobraćaja, uslovi rada radnika a takođe i nadzor i kontrola nad primenom propisa u ovoj oblasti i drugo. Zbog toga, stanje bezbednosti železničkog saobraćaja treba ocenjivati i procenjivati prvenstveno sa stanovišta ljudskog faktora, organizacije i uslova radnika, izvršenje saobaraćajno- tehničkih propisa u saobraćaju i stanje tehničkih sredstava i njihovog održavanja u ispravnom stanju.

3.1. Uticaj ljudskog faktora na bezbednost železničkog saobraćaja

Analiza uzroka udesa i nezgoda pokazuje da dobar deo nastaje usled propusta železničkih radnika i nepridržavanja propisa u izvršavanju saobraćaja i održavanju sredstava. Neposredni učesnici u izvršavanju prevoza predstavljaju osnovni elemenat bezbednosti železničkog saobraćaja. Uzroci udesa i nezgoda pri vršenju železničkog saobraćaja, pre svega leže u nesavršenosti ljudskog rada i mogućnosti grešaka u radu. Čovek sa svojim psihofizičkim karakteristikama, naročito kod većih brzina prevoza i velike frekvencije saobraćaja, manje je sposoban da sve na vreme registruje i pritom donosi najoptimalnije odluke. Istraživanja i analize uzroka nezgoda usled propusta ljudskog faktora pokazuju da su osnovni uzroci: nepažnja, zaboravnost, alkoholisanost i bolest.

Nepažnja predstavlja glavni uzrok nezgoda u železničkom saobraćaju. Ona se može podeliti na: distrikciju (stanje odsutnosti), krivo očekivanje, nizak stepen budnosti i rizik.

Sa druge strane, modernizacijom pruga kao i voznih sredstava, kao i uvođenjem automatizacije signalno-sigurnosne tehnike, smanjuje se broj vanrednih događaja a što istovremeno ukazuje na veliku međuzavisnost ljudskog i tehničkog faktora.

3.2. Утицај техничких фактора на безбедност железничког саобраћаја

Стање безбедности железничког саобраћаја зависи и од стања основних капацитета (пруга и пружних постројења) и возних средстава (кола и локомотива). Безбедност отворене пруге и станица зависи од конструктивних карактеристика, квалитета градње и одржавања пруга и њихове опремљености и сигнално-сигурносних и телекомуникационих уређаја. Уколико је пруга електрифицирана, безбедност саобраћаја зависи и од стабилних постројења електровуче и њихове исправности.

Упркос напорима да се стање пруга побољша, оно још увек није на жељеном нивоу, будући да је велики проценат дотрајалости и истрошености пруга (шине, прагови, колосечни материјал и застор) и других објеката, услед чега долази до честих кварова на прузи (прснућа шина, деформација колосека и др), који могу угрожавати и угрожавају безбедност железничког саобраћаја. Уз све напред наведено, додајмо још чињеницу да још увек постоји и знатан број деоница изложених елементарним непогодама које с времена на време угрожавају железнички саобраћај и доводе до његовог прекида (бујице, поплаве, завејавања). Постојеће стање пруга захтева стални надзор ради утврђивања стања исправности угрожених деоница пруга ангажовањем великог броја пружних радника који у свим временским условима и при одвијању саобраћаја по утврђеном реду вожње, морају изводити радове на одржавању пруга и пружних постројења у исправном стању.

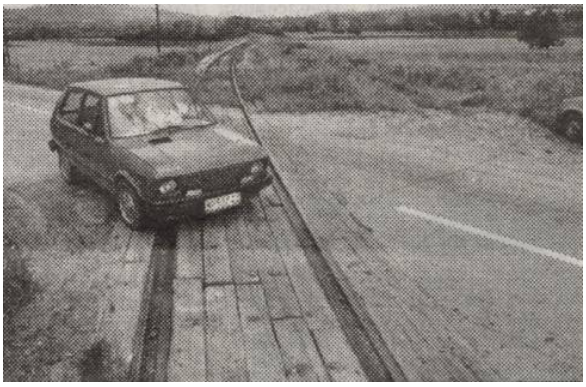
Постигнути степен изградње сигнално- сигурносних и телекомуникационих постројења на железници, осим на магистралним пругама, још увек не прати повећавање захтева безбедности и ефикасности железничког саобраћаја. Велика имобилизација и кварови вучних возила и кола последице су недостатка капацитета за одржавање и недовољне опремљености ремонтних капацитета, недостатка резервних делова из увоза и финансијских средстава за њихову набавку, неадекватног одржавања као неправилног руковања возилима и оштећење у ванредним догађајима.

Такође, велики је број ванредних догађаја често са тешким последицама на путним прелазима и због неопрезног кретања лица по железничком подручју као и самим станицама приликом ускакања или искакања и испадања из воза.

4. УЗРОЦИ ВАНРЕДНИХ ДОГАЂАЈА НА ПУТНИМ ПРЕЛАЗИМА

Део подручја саобраћајне површине која служи и друмском и железничком саобраћају су места на коме пут укршта пругу. Та места се називају путни прелази. Интензиван развој друмског саобраћаја изразито је повећао коришћење путних прелаза и заоштрио проблем безбедности саобраћаја на путним прелазима. Необезбеђеност великог броја путних прелаза браницима и полубраницима негативно утиче на понашање учесника у саобраћају у смислу смањења њиховепажње и одговорности због чега се повећава опасност од настанка ванредних догађаја. Такође је присутна честа појава оштећења браника од стране возача друмских возила у време када су браници или полубраници спуштени због проласка воза.

Један од чешћих узрока ванредних догађја на путним прелазима је непоштовање сигналних зннакова.



Слика 5. Путни прелаз без браника

Следећу групу узрока ванредних догађаја на путним прелазима представљају и здравствени чиниоци. Под овим се подразумева повремено психичко стање у кокме се учесници у ванредним догађајима могу наћи. Здравствено- социјални чиниоци подразумевају узроке који потичу од неповољних социјално- економских услова као што су: поремећени међуљудски односи у породици и на радном месту, болест чланова породице и др.

5. ПРЕВЕНТИВНЕ МЕРЕ ЗА СМАЊЕЊЕ ВАНРЕДНИХ ДОГАЂАЈА НА ПУТНИМ ПРЕЛАЗИМА

У мере за спречавање степена безбедности спадају: техничке, организационо- превентивне и законске. У многим земљама, па и код нас предузимају се конкретно мере у складу са могућностима, за рационализацију путних прелаза које треба да утичу на смањење броја ванредних догађаја а повећање безбедености железничког саобраћаја. Конкретно, елиминисање укрштања изградњом надвожњака и подвожњака, укидањем прелаза у нивоу који нису неопходни и примену најсавременијих аутоматских сигурносних уређаја.

Анимирати ширу јавност и организовати акцију за повећање безбедности саобраћаја укључивањем ЖТП-а, Ауто-мото савеза, ауто-саобраћаниих предузећа, школа, месних заједница, организовањем нпр. «Недеље безбедности саобраћаја на путним прелазима» и сличне акције у којима би се анализирали узроци на нарочито опасним путним прелазима и мере које треба предузети.

Како је узрок најчешћих несрећних случајевима на путним прелазима алкохолисаност возача, као и млађи учесници у друмском саобраћају који због своје младости и неискуства мисле да су бржи и јачи чак и од воза, требало би у месним заједницама, школама, центрима за обуку возача, у довољном броју користити пригодне плакате примерене мабијенту у коме живимо.

6. ПРЕВЕНТИВЕ МЕРЕ У ЦИЉУ ОЧУВАЊА БЕЗБЕДНОГ И УРЕДНОГ ОДВИЈАЊА ЖЕЛЕЗНИЧКОГ САОБРАЋАЈА И ОЧУВАЊА ЛИЧНЕ БЕЗБЕДНОСТИ

Осигурање одвијања уредног и безбедног железничког саобраћаја, безбедност путника и других лица, ствари и железничке имовине регулише се посебним Правилником о унутрашњем реду на железницама, као и другим важећим железничким прописима.

У циљу очувања безбедног и уредног одвијања железничког саобраћаја, као и очувања личне безбедности ЗАБРАЊЕНО ЈЕ:

- Постављати поред пруге, а нарочито у близини видних железничких сигнала-знакова, ознаке, обојене светлости или било које друге направе које бојом, обликом или светлошћу или на други начин отежавају уочавање железничких сигнала или пак могу довести у заблуду железничко особље у погледу шиховог значења;
- У близини железничке пруге изводити било какве радове који би могли оштетити железничку пругу и тиме умељити стабилност терена и на тај начин угрозити железнички саобраћај;
- Подизати и постављати било какве објекте у пружном појасу без сагласности ЖТП-а;
- Одлагати предмете поред колосека ближе од 1 и по метар од најближе шине колосека;
- Бацати или остављати било какве предмете на колосек или бацати каве предмете на возове или железничка возила, постројења, уређаје и објекте;
- Неовлашћено мењати положај скретница или других уређаја којима се обезебеђује саобраћај возова, предузимати радњу или употребити уређај за кочење, осим ако би се тиме могла спречити опасност по сигурност воза, безбедност путника и других лица;
- Неовлашћено отварати браник путног прелаза, остављати или вешати било шта на браник или други сигнално-сигурносни уређај путног прелаза или на било који други начин ометати нормално функционисање браника или другог уређаја путног прелаза;
- Ометати рад чувара путног прелаза, чувара моста, чувара тунела, чувара косина или другог железничког радника у вршењу железничког саобраћаја;
- У близини путних прелаза вршити послове или изводити радове који умањују, спречавају или на било који начин ометају прегледност железничке пруге или пута;
- Неовлашћено уклањати привеременy заштитну направу постављену ради заштите железничког саобраћаја на месту одроњавања, ерозије или бујице или на месту изложеном завејавању или јаком ветру.

Ради безбедности лица која се крећу по железничком подручју нарочито је ЗАБРАЊЕНО:

- Кретати се колосеком или у непосредној близини колосека:
- Стајати или се кретати сувише близу воза или кола која су у покрету;
- Прелазити преко колосека на местима која нису одређена за прелаз;
- Прелазити и непотребно се задржавати на путном прелазима;
- Ускакати у воз и искакати из воза док је воз у покрету, као и улазити и излазити из воза пре него што воз стане у станицу.

7. ЗАКЉУЧАК

Оно што је реално истаћи овде, а везано за тему коју анализирамо, јесте да је дошто до погоршања безбедности железничког саобраћаја. Сматрамо да је повећање броја ванредних догађаја и последица ремонта већег броја пруга, затвора, стања техничких капацитета, које је, истина, било горе него претходних година.

У оваквој ситуацији и са оваквим стањем готово је било могуће очекивати повећани број ванредних догађаја, а тиме и погоршање безбедности железничког саобраћаја.

Мора се признати да су узорци неких ванредних догађаја техничке природе, али истини за вољу, било је и оних који су настали кривицом железничара, што намеће пооштравање система стручне обуке, као и провере стручне обучености железничкиих радника.

На основу свега изнетог је недвосмислено јасно да у блиској будућности железницу очекује реформа и организационо прилагођавање у складу са европским стандардима, али исто тако и жестока конкуренција не само са друмским, већ и са свим осталим видовима саобраћаја.

Из изнетог је јасно да постоји више варијани решења, а потребно је проначи најоптималније са становишта железнице, али уз то уважавајући стратешка опредељења политике и економије.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Јовановић Ж., *Приручник о очувању личне безбедности путника у железничком саобраћају*, ЖТП Београд, Железничко-образовни центар Београд и Савез заштите на раду ЖТП Београд, Београд 1990.

[2] Мишић С., Јовановић С., Косановић Н., Ђурић Б., *Теорија и пракса ванредних догађаја и удеса на ЈЖ*, Железнички институт, Београд 1968.

[3] Уjчић Ј., Средства и методе организовања техничке контроле са аспекта безбедности железничког саобраћаја-(део I), *Железнице* - научно-стручни часопис, Београд децембар 1992.

GLOBAL AND PERSONAL OPERATING SAFETY IN RAILWAY

Cedomir J. Mitic, Slobodan R. Gojkovic

Abstract: *In this article the authors analyze: concept of special events, factors of safe train traffic, influence of men activity on safe train traffic, influence of technical conditions on safe train traffic, causes of special events happened in a roots crossing, preventive measures for decrease number of special events in roots crossing, duties and safe measures during a peoples moving and holding on trains area, preventive measures for regular and safe train traffic, measures for passengers personal security.*

Key words: railway, train traffic, safe train traffic, personal security.

XI ŽELKON '04 RAILCON '04 2004

RELATIONS BETWEEN SERBIA AND BULGARIA FOR CONNECTING THEIR RAILWAYS

Anna Dzhaleva-Chonkova [1]

Abstract – *The paper presents the development of the relations between Serbia and Bulgaria concerning the connection of their railways. The congress of the Great Powers held in Berlin in 1878 obliged the two countries to build the sections of the international line from Istanbul to Vienna, each on its territory. Ten years later the first bilateral agreement was signed to make possible the international railway traffic possible. The futher interaction of the Bulgarian and Serbian railway administrationss were carried out both directly and indirectly, within the participation in international railway organization and conventions.*

Keywords - Railway connectian, Serbia, Bulgaria.

1. INTRODUCTION

The necessity of close contacts between Serbia and Bulgaria concerning railway issues appeared after the Congress in Berlin in 1878. The treaty signed there contained a number of articles, concerning the railway transport development in the Balkan region. The problems of their fulfillment became an important part of the internal and international policy of the reestablished Bulgarian Kingdom. The so-called "Railway Question" was not only a priority in the economic policy and modernization of the country, but also determined its international with the other European states, mainly with the Great Powers and the neighboring countries, among them Serbia.

2. THE BERLIN TREATY (1878) AND RAILWAY DEVELOPMENT ON THE BALKANS

The Berlin treaty had a great influence on the development of railways on the Balkans. It actually updated the agreements signed by the Ottoman Empire with Baron Hirsch for building transcontinental railway lines connecting Vienna with Tsarigrad (Istanbul, which was the capital of the Ottoman Empire at that time) and Thessalonica, the biggest port on the peninsular. It also contained a special article, the 28th, that obliged Austro-Hungary and Serbia to provide a railway crossing their common boundary in order to make possible the connection with the existing railway lines: Thessalonica – Skopie – Mitrovitsa and Tsarigrad (Istanbul) – Belovo, both of them opened in 1873.

To fulfill the decisions of the Berlin Congress, two years later Serbia and Austro-Hungary signed a convention on building a railway line from the boundary with Hungary to Beograd and then to Nis and Vranya. The traffic to Nis was opened on 23 August 1884, and the passenges leaving to Budapest on the following day could change the trains in Beograd to Budapest and Vienna.

The Berlin Treaty influenced on the railway developed in the Balkan region mostly by the obligations, which were put to the Hapsburg and the Ottoman empires, Serbia and Bulgaria, namely to finish the corresponding parts of the railway connection between Vienna and Tsarigrad (Istanbul), each country on its territory. After a long time of negotiations, known as a "Conference a Quatre", in 1884 the representatives of the four states signed an agreement about the route of the line, the way and terms of its building.

It is often said that the construction of the railway line to Nis, in the direction to the Bulgarian border, much predetermined the decisions of the Conference. As Bulgaria considered the route through Tsaribrod (Dimitrovgrad) unfavorable for the contry, its representatives insisted on keeping to the initial design of Baron Hirsch, i.e. to continue the line from Belovo via Sofia, Kyustendil and Kumanovo to Skopie. The reason of their position was that the Berlin Treaty had not defined the route of the line, so it was logical to follow the old one, making use of the section Scopie – Mitrovitsa, which was already in operation. The Bulgarian interests were grounded both by economic and political interests. It was evident that a railway line from Sofia to Kyustendil would be of much benefit than the short section to the Serbian border. However, the idea of a line passing through Nis, which was imposed as a final decision by the three other countries at the conference in 1883 was not a new one. It had been mentioned long before the discussions in Vienna began: as earlier as in 1874 the railway engineer Pressel wrote in his report to the Ottoman Empire authorities that this way would be much more useful and economical to connect Tsarigrad with Europe.

Not long after signing the "Convention a Quatre", the Serbian government, which had just finished the line to Nis, began building the Nis-Pirot railway section. It was built for three years and put in operation in November 1887. The same year the section to the Bulgarian border was ready for connecting with the Bulgarian Railways. Thus Serbia fulfilled its obligation according to the Berlin Treaty clauses about the West – East international railway line, which was considered one of most important routes in Europe at that time.

3. THE RAILWAY CONNECTION BETWEEN SERBIA AND BULGARIA

The railway section built by Bulgaria between its

[1]Anna Dzhaleva-Chonkova, Ph.D., Todor Kableshkov University of Transport,
158 Geo Milev Street, Sofia 1574, Bulgaria, e-mail: adzhaleva@yahoo.com

borders with the district of East Rumelia and Serbia, from Vakarel to Tsaribrod, was set in operation two years later than it had been planned, in July 1888, because of the events known as the "Bulgarian crisis" (1886-1887). Having appointed the railway staff, the government could use the line only for local transportation. In order to open the international traffic, it was necessary not only to apply the international rules of operation and management, but also to establish contacts with the neighboring railway administration. Unlike the problems in the relations with the Company of Vitalis (who insisted on being paid first before operating the Belovo – Vakarel railway section) and the Company of East Railways (operating the railway line from Belovo to Istanbul), the negotiations with Serbia were successful and resulted in signing an agreement of the trans-border operations.

Before the line was officially opened for international communication, by order 33 of the Minister of Finances the traffic manager Radi Ivanov and the secretary of the Department of Railways Spas Konstantinov were given the power to negotiate on the connection of trains between Pirot and Tsaribrod. The order 43 made their task more specific: to develop Trans-Border Regulations on the base of the Convention on Regulating the Offices for Connection between the two countries signed on 14 September 1887. In August 1888 Spas Constantinov was appointed a delegate in the Commission in Budapest, which had to determine the final timetables, fares of various tickets according to the type of trains and classes in the four countries. Radi Ivanov also joined the session of the Commission for developing Common Regulations of the traffic along the line.

The convention between Serbia and Bulgaria established quite a simple way of trans-border regulation: there was only one station, Tsaribrod, for changing the trains and customs control. The station was operated by the administration of the Bulgarian State Railways (BDZ) and the traffic management was carried out on its expenses and responsibility. The Serbian Railways had only two representatives, one official and his assistant, but his approval was absolutely necessary for the departure of any train to Pirot.

This organization of cross-border interaction was remarkable for that period, a few years after the war between the two countries in 1885. That fact seems even more impressive, if compared with the trans-border conditions that existed on the Mitrovitsa – Vranya line, at the border between Serbia and the Ottoman Empire.There were two separate stations, namely Ristovats and Zibevche, that was actually the usual practice in Europe.

Although the connection between the Serbian and Bulgarian railways was established on 1 August 1888, the first train to Tsarigrad via Vienna, Budapest, Belgrade and Sofia left from Paris on Friday, 28th October 1888 as "Orient Express", the name under which it would be famous for a long time in the 19th and the 20th centuries.

The international traffic became possible thanks to the decisiveness of Stefan Stambolov, Prime Minister of Bulgaria at that time. Occupying the Vacarel – Belovo railway section (it was a property of the Vitalis's company) on purpose to defend it against robberies, he gave an order for the Bulgarian trains to go to Belovo, where after changing the trains, the passengers could continue to Tsarigrad as a final destination. The violation of the international legislation and the private property by Stefan Stambolov did not cause a big scandal because in this way Bulgarian provided the fulfillment of the Berlin Congress decisions. The problem with the company of Vitalis was settled by a contract six years, in 1894.

4. FURTHER CONTACTS

The further contacts of Serbia and Bulgaria on railway issues concerned mainly the improvement of international traffic management and were intended to reduce the time of traveling from Paris to Tsarigrad. Because it was of considerable importance for the other railway companies operating on this line as well, most negotiations were carried out on a multi-lateral base.

Since the conferences in Vienna (9-10 December 1896) and in Paris (3 February 1897) decided that the duration of the journey to Belgrade could not be reduced, it was necessary to examine the possibilities to do that on the rest of the line in Serbia and Bulgaria. The railway conference held in Sofia on 20-22 February 1897 developed new timetables for the Orient Express and the two conventional trains. The time of traveling between Belgrade and Tsarigrad was decreased with 73 minutes (36 on the opposite direction) and 94 minutes (207 on the opposite direction) for the two conventional trains respectively.

Moreover, the conference in Sofia contributed to developing further the railway interaction between Serbia and Bulgaria. They decided to connect also the mixed trains (local traffic) in order to avoid reloading at the border station. Convinced in the expedience of such a decision, the representatives of both countries signed an agreement, according to which the goods wagons were attached to the post trains of the neighboring country.

Serbia and Bulgaria took part in many other international conventions signed later. Among them, the most important were the agreement from 1 May 1898 on the direct traffic operation by Serbia, Bulgaria and Turkey (it substituted the agreements from 1891 and 1893), the C.I.V. (on passenger and luggage transportation) and C.I.M. (on freight transportation) conventions, etc.

In conclusion it should be underlined that Serbia and Bulgaria contributed much to the development of the West – East transcontinental railway traffic during the last two decades of the 19th century. Their relations were tolerant, marked by professionalism and professional solidarity and, in most cases, by mutual respect to national interests as it should be between good neighbors.

REFERENCES

[1]Central State Historical Archive of Bulgaria, fund 157
[2]Dzhaleva-Chonkova, A. & co-authors. History of the Railways in Bulgaria, S., 1997.
[3]History of Railways in Macedonia 1873-1973, Skopie, 1973.
[4] History of Railways. Serbia, Voivodina, Montenegro, Kosovo, Belgrade, 1980.
[5] Railway Collection, Volumes published in 1896-1900.
[6] Railway Transport in Bulgaria 1866-1983, S.,1987.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

SAVREMENE TEHNOLOGIJE KOMBINOVANOG TRANSPORTA

Nebojša Ivković [1], Zoran Marinković [2]

Rezime *– Savremeni prevoz podrazumeva integralni, kombinovani i multimodalni (intermodalni) transport. Prvi obuhvata prevoz robe jednim prevoznim sredstvom (drumsko, železničko vozilo, brod, avion), drugi vrši prevoz robe sa više različitih (po tipu) transportnih sredstava, dok se kod trećeg modela jedno transportno sredstvo prevozi drugim. Iako kod nas postoje uslovi za sve tri vrste, najviše je u upotrebi prvi model. Za razvoj preostala dva načina, pored povoljnog geografskog položaja potrebno je poboljšanje infrastrukture, koja je u jako lošem stanju zbog nedovoljnog ulaganja u razvoj ove oblasti robnog transporta. Rad se bavi analizom sva tri načina prevoza, mogućnosti razvoja i primene ovih sistema kod nas.*

Ključne reči : ***železnica, kombinovani transport, kontejneri, vagoni***

1. UVOD

Na porast prevoza robe uticalo je ujedinjene evropslog tržišta ukidanjem graničnih formalnosti u okviru Evropske zajednice. Zbog sve većeg broja vozila na putevima, evropski sistem drumskog saobraćaja predstavlja usko grlo, dok železnički i vodeni kapaciteti ostaju neiskorišćeni. Dodatni znak za uzbunu zbog neravnopravne raspodele na polju saobraćajne politike je i briga za zaštitu ljudskog zdravlja, koja zahteva smanjenje atmosverskog zagađenja izduvnim gasovima drumskih teretnih vozila i povećanja bezbednosti u saobraćaju.

Uvođenjem kombinovanog transporta eliminisala bi se velika konkurencija između železničkog i drumskog saobraćaja, čime bi bio rešen problem smanjenja teretnih vozila na drumu, a samim tim i problem zagađenja atmosfere izduvnim gasovima vozila sa unutrašnjim sagorevanjem i istovremeno bi se povećao stepen sigurnosti učesnika u saobraćaju.

U našoj zemlji se beleži porast trgovine i transporta kojim rastuća količina tereta mora da se transportuje na efikasan način. To može da se postigne obezbeđivanjem boljih saobraćajnica, efikasnijih transportnih sredstava (kamiona, vozova, brodova, aviona), terminala, pretovarne opreme i kvalitetnog informacionog sistema.

Ekonomski napredak zavisi od efikasnosti sistema teretnog transporta, pa je u tom pogledu međunarodna trgovina veoma bitna, kako za našu zemlju tako i za ostale evropske države, jer sve one u svojim ekonomskim aktivnostima u velikoj meri zavise od uvoza i izvoza. Do ozbiljne preorjentacije prevoza, bar kad je reč o tehničkom aspektu pitanja, moglo bi da dođe u dogledno vreme.

Najbitniji ciljevi u procesu poboljšanja pretovara u kombinovanom pretovaru su niži troškovi i kraće vreme pretovara. Ovi problemi su rešeni uvođenjem novih sistema koji ubrzavaju pretovar sudova i izgradnjom savremenih terminala.

2. KOMBINOVANI TRANSPORT U SVETU

Ekonomski napredak jedne države, u velikoj meri, zavisi od pouzdanog i efikasnog sistema teretnog transporta. Sva roba namenjena domaćem ili inostranom tržištu treba da se, što brže i ekonomičnije transportuje na odredište, a u tu svrhu se koristi drumski, železnički ili vodeni transport.

Zbog savremenih političkih tokova i evropske integracije došlo je do realnog porasta teretnog saobraćaja, što predstavlja veliki, ali ne i nerešivi problem.

Iako je putnički saobraćaj vrlo zastupljen, svetska železnica najveći deo svoga prihoda ostvaruje od prevoza tereta. Zbog toga, kao i zbog podizanja konkuretnosti ostalim oblicima teretnog transporta, napredne evropske zemlje su postavile sebi cilj da smanje transportne troškove, i troškova životnog veka opreme, i da povećaju brzinu prevoza tereta od "vrata do vrata" itd.

Njihova glavna konkurencija je drumski saobraćaj jer je efikasniji, elastičniji, mobilniji, i ima mogućnost individualnog opsluživanja korisnika, ali zagađuje životnu sredinu što je, s obzirom na nove tendencije o ekologiji i sačuvanju životne sredine veliki nedostatak. Tu savremena železnica koja nije tako mobilna i elastična i koja iziskuje angažovanje velikog broja ljudi, vidi svoju šansu.

Jedan od važnih faktora u procesu transporta je vreme i brzina prevoza robe. Izvrešena istraživanja koja se tiču ovih aspekata pokazuju da drumski saobraćaj daje najbolje rezultate, ali samo do određenih granica nakon kojih železnički saobraćaj postaje konkurentan.

Analiza prednosti i nedostataka jednog i drugog načina prevoza ukazuje da bi najbolje rešenje za teretni saobraćaj bilo kombinovanje železničkog i drumskog saobraćaja. Ovakvim načinom transporta postigao bi se ekonomičniji prevoz robe, smanjilo zagađenja čovekove okoline (umesto nafte troši se električna energija), eliminisala velika buka koju prave kamioni, i povećala bi se bezbednost učesnika u saobraćaju. Rešenje se nazire u kombinovanom saobraćaju koji je sve prisutniji u svetu.

[1] Nebojša Ivković dipl. маš. inž., B. Krsmanovića 18/45 18000 Niš, neb2406@ptt.yu.
[2] Prof. dr. Zoran Marinković, Mašinski fakultet Niš, Beogradska 14 18000 Niš, zoranm @ni.ac.yu

2.1. Tehnike kombinovanog transporta u svetu

Prevoz robe različitih oblika, dimenzija, i geometrije, može da predstavlja tehnički, organizacioni i tehnološki problem koji je teško rešiti. Uvođenjem kontejnera taj problem je u velikoj meri rešen. Manipulacija kontejnera je vrlo laka, i može se vršiti bilo kojim transportnim sredstvom (brodom, železnicom, avionom, kamionom…).

Kombinacija drumskog i železničkog saobraćaja pri prevozu kontejnera može se vršiti tako što se kontejner na tzv. terminalima (slika 1) prenosi sa kamiona na vagon predviđen za prevoz kontejnera, ili sa broda na vagon u lukama koje su opremljene dizalicama, i koje mogu obavljati ovakve zahvate.

Poznato je da u cenu proizvoda ulazi i cena utovara, transporta i istovara. Zbog kvalitetnije i jeftinije manipulacije, kontejnerski transport je daleko efikasniji od klasičnog. On iziskuje dobru organizaciju i visoka ulaganja iz razloga razvoja transportnih sredstava (specijalni kamioni, vagoni i brodovi), i izgradnju infrastrukture do posebnih terminala, čija izrada zahteva određena finansijska sredstva .

Sl. 1. *Izgled terminala noću*

Kod kontejnerskog načina transporta moguće je izvršiti utovar-istovar na sledeći način:

1. kontejner se postavlja na oslonce, kamion odlazi, a ispod se podmeće vagon na koji se on postavlja (slika 2) i

Sl. 2. *Primer kontejnerskog načina prevoza*

2. uz primenu manipulativnih sredstava vrši se istovar-utovar kontejnera (slika 3).

Sl. 3. *Primena manipulativnih sredstava*

Savremeni pristup ovakvom načinu manipulacije robom iziskuje i upotrebu najmodernije informatičke i komunikacione tehnologije. Sa jedne strane prednosti koje donosi upotreba ovakvog sistema, donosi i nedostatke koji su u ceni koštanja izrade jednog takvog terminala sa pratećom infrastrukturom.

Postoje više proizvođača koji nude različite pristupe u ovoj oblasti, među kojima su: Krupp - Fördertechnik, Noell GmbH, Thyssn Aufzüge GmbH, Hilgers Ag itd.

Pored prevoza kontejnera u kombinovanom transportu specijalnim vagonima može se prevesti i celo drumsko vozilo (kamion). Specifičnost ove vrste saobraćaja je u tome što se manipulacija drumskog vozila u odnosu na železničko vozilo vrši preko tzv. navoznih rampi. Za ovakav način transporta nije potrebna nikakva dodatna oprema, niti je potreban veći broj manipulanata.

Ova vrsta transporta zahteva postojanje niskopodnih kola sa dva četvoro-osovinska obrtna postolja. Na ovakvim vagonima je ugrađen put za dupli točak, što olakšava vođenje vozila i njegovo centriranje. Jedan od poznatijih proizvođača je austriska firma SGP. Primer jednog takvog vagona dat je na slici 4.

Sl. 4. *Vagon za prevoz teretnih drumskih vozila*

Pored navedenih prednosti koje nudi ovakav vid transporta, treba navesti njegov nedostatak koji se ogleda u složenosti konstrukcije železničkih vozila koja se koriste pri ovom transportu. Za razliku od prethodnog načina transporta gde se prevozi kamion, postoji varijanta kod koje se prevozi samo prikolica kamiona. Postoje dve varijante kod kojih se transportuje sedlaste prikolice sa horizontalnim i vertikalnim utovarom odnosno istovarom.

U slučaju prve varijante koriste se specijalni niskopodni vagoni sa klackalicom. Utovar i istovar se vrši navoženjem preko pokretne rampe uz pomoć vučne mašine (najčešće sedlastog traktora). Primer jednog takvog vagona dat je na sl. 5.

Sl. 5. *Slika vagona za prevoz prikolica*

Kod vertikalnog utovara i istovara koriste se železnička kola sa spuštenim podom u vidu džepova. Ona su relativno jednostavne konstrukcije. Za manipulaciju su potrebne skupe portalne dizalice specijalne konstrukcije, zbog vertikalnog utovara i istovara. Ovakav način prevoza je sličan kontejnerskom prevozu. Slika 6 pokazuje jednu od mogućnosti vertikalnog utovara i istovara.

Sl. 6. *Primer vertikalnog utovara prikolice na vagon*

Sistem za prevoz poluprikolice kod kojeg se koriste samo obrtna postolja, poznat je još od pedesetih godina prošlog veka. Iako je vremenom usavršavan i njime znatno pojednostavljen prevoz poluprikolice, ipak zahteva primenu pretovarnih terminala i kontejnerskih terminala. Zbog specifične konstrukcije prikolice (sanduk železničkih kola) eliminiše se primena postojećih-starih drumskih poluprikolica. Manipulacija sa železničkog na drumsko vozilo vrši se na terminalima koji poseduju industrijske ili manipulativne koloseke, gde je gornja ivica šine u nivou puta. Orginalnost ovog sistema je da se kod prikolice na jednom i drugom kraju ugrađuje dodatna oprema koja omogućava postavljanje kamionske prikolice na obrtno postolje. To je razlog zašto se za ovaj transport ne mogu koristiti stari tipovi prikolica.

2.2. Primeri kombinovanog transporta u svetu

Amerika

Američka železnička kompanija BSNF (Burlington Nothern Santa Fe Railway) krajem 2001. godine sklopila je ugovor sa lukom Okland o eksplataciji i upravljanju kontejnerskim terminalom u toj luci. Ova luka je jedna od najvećih u Americi. Raspolaže sa oko 30 km operativne obale, ima 10 kontejnerskih terminala i godišnji kapacitet preko 20000 kamiona. Raspoloživa mreža BSNF u 28 saveznih država SAD-a i dve provincije u Kanadi je 53 000 km. Prema sopstvenim izjavama, ova vrsta železničke kompanije preveze više tereta u kontejnerima nego i bilo koja železnica u svetu.

Španija

Terminal Barselona Borot ima najveće učešće u kontejnerskom prevozu u Španiji. Drugi po značaju je terminal Port Bou na granici Španije i Francuske. Ostali terminali su manjeg značaja.

Kombinovani prevoz španske železnice u saradnji sa "Kombipakom" plasirao je krajem 2001. godine novu ponudu. Ponuda se odnosi na prevoz robe na relaciji između Madrida i Barselone sa garancijom da se, ukoliko isporuka zakasni više od 60 minuta, vraća novac poručiocu transporta. Sistem prevoza je takav da vozovi napuštaju Barselonu u 20.30 časova, a u Madridu se istovaraju u 05.40 časova. korisnici posle jednog sata po prispeću vozova mogu da preuzmu svoje pošiljke. Pored ove ponude očekuje se i ponuda na relaciji Barselona-Sevilja i Barselona-Vigo. Firma RENFE Kargo je prevezla u toku 2001. godine 18,3 miliona tone robe. Najznačajniji rast zabeležen je u međunarodnom robnom saobraćaju. Od ukupnog međunarodnog prevoza 44 % se izvozi, a 56 % uvozi.

Švajcarska

Švajcarski SBB cargo krajem 2002. godine počeo je sa realizacijom novog pretovarnog transporta "Cargo Domino" čija je realizacija iziskivala kupovinu 1655 teretnih kola i 273 promenljiva sanduka. Novi uređaj za pretovar kontejnera je u stvari modifikovana verzija sličnog sistema pod nazivom "mobiler" i namenjen je kombinovanom prevozu, a omogućava brz horizontalni pretovar kontejnera i promenljivih sanduka bez terminala u svakoj stanici, na bilo kakvom koloseku. Njegov glavni deo je pretovarni uređaj pod nazivom "Nick". Za korišćenje ovih sistema potrebno je da se izvrše izmene na kontejnerima, odnosno na nosačima kola. Primer jednog takvog sistema dat je na slici 7.

Sl. 7. *Primer pretovarnog sistema*

Prednost ovakvog načina je u tome što se pretovar može vršiti i sa jedne i sa druge bočne strane, a to u ograničenim

pretovarnim površinama može da predstavlja i to značajnu. Pretovar kod ovakvih sistema traje samo pet do sedam minuta, izvodi ga vozač drumskog vozila uz pomoć daljinskog upravljanja. Dodatni uređaji moraju se uklopiti u standarde vozila, kako kod železničkog tako i kod drumskog. Prednost Cargo–Domino u poređenju sa klasičnim kombinovanim saobraćajem je u tome što on može da se koristi bez skupih i prostranih terminala, ne zahteva nikakve posebne dizalice, a i uređaj za pretovar je mali i uvek se nalazi na kamionu.

Holandija - Italija

Početak oktobra 2002. godine ICF iz Bazela uveo je u saobraćaj na relaciji Amsterdam–Milano brzi teretni voz. Voz pod imenom "Fast Fraight Train", koji prelazi ovu relaciju za 18 časova vožnje, prevozeći kontejnere i izmenljive sanduke. U Italiji ovaj voz koristi kontejnerski terminal "Sesto San Đovani", koji se nalazi na pruzi Kjaso – Milano, 10 km severno od Milana. Voz je sastavljen od vagona vlasništvo ICF sposobnih za prevoz i kontejnera od 45 stopa. Takođe poseduje i izotermičke vagone.

Francuska – Italija

U 2003. godini je bilo u planu probni kombinovani Ro–Lo voz na relaciji od Liona u Francuskoj do Torina u Italiji. Organizator prevoza je firma "C–Modalohr ekspres"(CME), mešovita firma u kojoj SNCF učestvuje sa 51 % kapitala, a sa 49 % učestvuje fabrika železničkih vozila Lohr. Projekat Ro–Lo kola sa uređajem za istovar–utovar kamiona radila je firma CME. Kola imaju normalan prečnik železničkih točkova, a utovar–istovar se obavlja bočno. Prepreka prevozu kamionima na ovoj relaciji su deonica preko Alpa i Pirineja. Ta prepreka se može rešiti kombinovanim transportom, međutim tradicionalni kombinovani transport već nekoliko godina ostaje ispod očekivanog razvoja, dok se drumski saobraćaj veoma brzo razvija i postaje konkurentan, zbog njegove fleksibilnosti i mogućnosti realizacije od vrata do vrata. Možda će Ro–Lo uspešnije razrešiti zahteve.

Nemačka

Postoji projekat Nemačke savezne pokrajine Saksen, po kome bi se mnogobrojni kamioni koji prevoze opasnu robu iz Češke za Nemačku prebacili na kombinovani Ro–Lo prevoz železnicom. Između ovih zemalja dnevno prelazi stotinak kamiona natovarenih opasnom materijom. Realizacija ovog projekata, zatvorio bi se put B–170 u celom regionu. Ukoliko se ovaj projekat usvoji nedovoljno iskorišćen Ro–Lo prevoz dobiće nove dodatne prevoze. U prilogu tome ide da se otvaranjem Istočne Evrope beleži stalni rast kamionskog prevoza u graničnom području, koji prouzrokuje zastoje u drumskom saobraćaju.

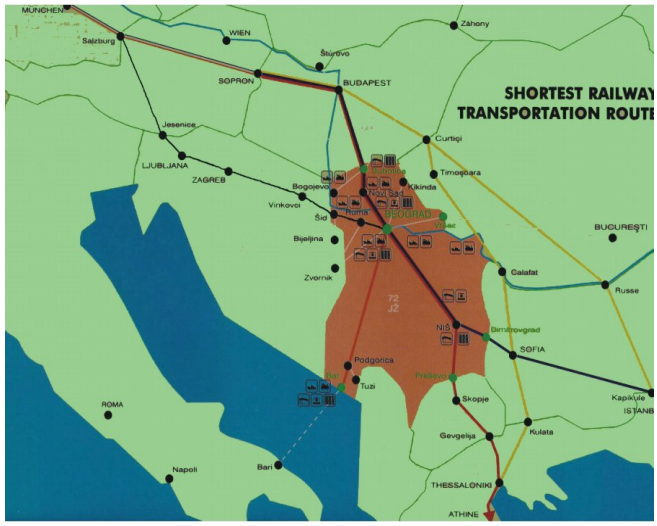
3. KOMBINOVANI SAOBRĆAJ U SCG

U poslednjoj deceniji prošlog veka došlo je do izolacije našeg saobraćajnog sistema i velikog sužavanja tržišta saobraćajnih usluga. Opadanje obima privrednih aktivnosti značajno je smanjilo tražnju za železničkim teretnim transportom. Nepovoljna starosna struktura, tehnička zastarelost i velika imobilizacija zbog neredovnog održavanja su karakteristike teretnog kolskog parka naše železnice. Smanjena privredna aktivnost u zemlji a posebno situacija na železničkom tržištu odrazila se na stanje železničke industrije.

Obim proizvodnje je naglo opao, a neupošljeni kapaciteti su se delimično upošljavali remontnim poslovima, rekonstrukcijama i izradom rezervnih delova ili nekim drugim poslovima. Procenjuje se da su današnji kapaciteti železničke industrije upošljeni oko 30-40 %.

Izuzetni geografski položaj i poboljšane političke situacije poslednjih godina Srbija i Crna Gora mogu iskoristiti za razvoj kombinovanog transportnog saobraćaja.

Geografski položaj naše zemlje omogućava najkraće veze u železničkom i drumskom saobraćaju povezujući pri tome pravce sever-jug i istok-zapad. Analizirajući dva glavna magistralna pravca koji prolaze kroz našu zemlju: Šopron – Budimpešta – Subotica – Beograd – Niš – Sofija (I) i pravac Šopron – Budimpešta – Subotica – Beograd – Niš – Skoplje – Solun (II), dolazi se do podatka da je pravac I kraći za oko 500 km, a pravac II za 200 km od alternativnih pravaca (slika. 8.).



Sl. 8. *Železnički pravci kroz zajednicu Srbije i Crne Gore*

Projekt koridora X obuhvata pravac Salzburg – Ljubljana - Zagreb – Beograd – Niš - Skoplje sa kracima Beograd - Budimpešta i Niš - Sofija, što će omogućiti brži razvoj ove vrste saobraćaja kod nas.

Jedan od dodatnih razloga koji železnički transportni saobraćaj kod nas čini interesantnim je i pravac Budimpešta – Beograd – Bar – Bari, omogućujući pri tome vezu sa pomorskim saobraćajem. Na karti železničke mreže Srbije i Crne Gore mogu se videti pomenuti pravci (Sl. 9.).

Modernizacijom pruge Subotica – Novi Sad –Beograd – Niš – Dimitrovgrad za dvokolosečni saobraćaj (trenutno je u izradi elektrifikacija pruge od Dimitrovgrada prema Bugarskoj granici), prema strategiji UIC (Evropska železnička unija) Beograd bi postao jedna od šest predviđenih "Kapija Evrope". Elektrifikacijom pruge Beograd – Vršac i Lapovo – Kraljevo – Čačak – Požega dužine 152 km umnogome bi se unapredio saobraćaj u Srbiiji. Pored toga potrbno je ubrzati završetak Beogradskog čvora čija je izgradnja započela još 1963 god., a koga čine preko dvadest stanica, 60 km pruge od kojih su sve uglavno dvokolosečne i elektrificirane, 30 km tunela u užem centru, nekoliko km mostova i nadvožnjaka, ranžirna stanica sa kapacitetom od 6000 vagona/dan.

Sl.9. *Karta železničke mreže Zajednice SCG*

Pored povećanja komercijalne brzine teretnih vozova, unapređenje teretnog saobraćaja se realizuje uvođenjem novih i usavršavanjem postojećih tehnologija prevoza. U tom cilju danas se sprovodi "kombinovani" transport (kontejnerski transport, Huckepack sistem, sistem Road Railer), koji se bazira na specifičnim prednostima drumskog i železničkog saobraćaja. Kombinovani teretni transport obezbeđuje smanjenje zagađenja čovekove okoline, uštedu energije i ekonomičan robni transport (bez pretovara robe), štedi energiju i ne zagađuje okolinu.

Razvoj trgovinskih i privrednih aktivnosti u našoj zemlji praćen je većim brojem transportnih vozila na našim glavnim putnim praccima.

Sve navedene činjenice ukazuju na potrebu za što hitnijim uvođenjem kombinovanog saobraćaja kod nas. Međutim trenutno stanje u kombinovanom saobraćaju naše zemlje je na vrlo niskom nivou.

Kod nas postoje dva kontejnerska terminala. Jedan terminal se nalazi u luci Bar (slika 10) sa jednim portejnerom, dva univerzalna elektro-hidraulička spredera i više čeonih viljuškara koji koriste jedan univerzalan hidraulički spreder za kontejnere od 20 do 40 stopa.

U okviru železničke stanice Beograd u Beogradu nalazi se drugi terminal (slika 11) koji je opremljen tranšajnerom sa dva jedinačna elektro–hidraulična spredera od dvadeset i četrdeset stopa i jednim hidrauličnim hvatačem sa krutim nogama za pretovar po sistemu hucke-pack prevoza (sl. 6.).

Pored toga što postoji infrastruktura za kontejnerski način transporta, u Mašinskoj industriji Niš su učinjeni koraci ka projektovanju kontejnerskih dizalica, portalnih bočnih manipulatora i spredera, ali bez većeg plasmana, što može značiti da i naša industrija može naći svoje mesto u ovoj oblasti.

Sl. 10. *Luka Bar*

Ovakvim rasporedom terminala koji povezuje morski, železnički i drumski saobraćaj, čime se može pohvaliti mali broj zemalja u svetu, uz određena ulaganja u rekonstrukciju zastarele opreme, nabavku novije i savremenije, izgradnju novih teminala, železnički teretni saobraćaj u našoj zemlji može dobiti sasvim novu dimenziju.

Sl. 11. *Terminal ŽTP Beograd*

Teretni kolski park ŽTP-a Beograd je obiman ali struktura ne odgovara potrebama domaće privrede a još manje međunarodnom saobraćaju. S obzirom na neodgovarajuću strukturu i nezadovoljavajuće tehničko stanje teretnih kola neophodno je izvršiti remont i rekonstrukciju određenog broja vozila a pored toga i nabavku novih tipova teretnih kola. Takođe je neophodno razvijati kombinovani transport kako bi se naša zemlja, u najskorije vreme, uključila u evropski sistem teretnog saobraćaja.

Na osnovu ovoga, može se očekivati da će u narednom periodu biti posla za domaću vagonogradnju. Naime, domaća železnička industrija treba da, uz eminentne svetske proizvođače, bude učesnik u investicionim poslovima u cilju revitalizacije železničkog saobraćaja. Nije

neuobičajeno u svetskoj poslovnoj politici, da se državne investicije u manje razvijenim zemljama sprovode od strane inostranih izvođača uz angažovanje domaće industrije.

Tu se ostvaruju obostrani interesi:

- renomirana svetska firma dobija posao,
- domaća industrija podiže sopstveni tehnički nivo i upošljava svoje kapacitete,
- smanjuju se troškovi rada inostranih izvođača odnosno smanjuje cena investicije,
- obezbeđuje se budući partner u procesu održavanja u domaćoj industriji,
- otvara mogućnost buduće poslovne saradnje između domaće i svetske industrije itd.

Da bi ovakvi investicioni projekti mogli da se realizuju neophodno je da naša industrija i železnica preduzmu određene aktivnosti kako bi doprineli ovom procesu. Naime, potrebno je da industrija realizuje svojinsku transformaciju i tako postane pogodniji partner za inostrane firme. Pored ovoga, neophodan uslov za inostrana ulaganja u železnički program jeste transformacija železnice sa jedne strane u državno finansiranu infrastrukturnu organizaciju i sa druge strane u privatnu i tržišno orijentisanu saobraćajnu organizaciju.

4. ZAKLJUČAK

Ako železnica hoće da ostvari veći prihod na saobraćajnom tržištu mora kao svoj glavni zadatak da vidi u realizaciji transportnih usluga. Glavni pravci razvoja domaće železnice trebalo bi pre svega biti: optimalno korišćenje postojećih kapaciteta, poboljšanje kvaliteta usluga uz što manja ulaganja, potrebna je rekonstrukcija i modernizacija postojeće i izgradnja nove: železničke infrastrukture**,** voznih sredstava i ostalih pratećih kapaciteta (logistika). Ovakvo shvatanje je preduslov revitalizacije naše železnice. Železnica treba da izvrši svojinsku i organizacijsku transformaciju kako bi bila konkurentna i mogla rentabilno da posluje. Takvu transformaciju su, u poslednjih deset godina, izvršile razvijene evropske železnice. Železnički teretni saobraćaj, kao brz, uredan i bezbedan masovni prevoz robe, sve više i više se unificira i specijalizuje za određeni vid robe. Samim tim, teretni vagoni opšte namene sve se manje koriste.

Potrebno je da se izvrši rekonsrukcija određenog broja vagona, kako bi njihov životni vek bio produžen, s jedne strane rešio bi se problem skladištenja i iskorišćenja vagona koji više nisu za upotrebu i postaju “gomila neiskorišćenog gvožđa”, a dobili bi relativno dobar vozni park.

U Srbiji i Crnoj Gori nije razvijena nijedna od tehnika kombinovanog transporta, s obzirom na to da postoje prirodni i tehnološki uslovi nameće se potreba uvođenja ove tehnike u domaći transportni saobraćaj.

Neke analize pokazuju da će potreba za kontejnerskim transportom kod nas biti veća zato se moraju izvršiti pripreme za proizvodnju i nabavku ove opreme u okviru naše mašinogradnje. Pretovarna oprema je veoma različita i u stalnom je razvoju, i postoji težnja da se klasični način zameni novim brzim pretovarnim sistemima, koja će uticati na razvoj ovakvog načina transporta. Neupošljeni kapaciteti mogu se ponuditi uz određenu modifikaciju (ugradnju pretovarne opreme i ostalih uređaja), za izgradnju terminala. To bi uticalo s jedne strane na razvoj kombinovanog načina prevoza, a sa druge strane dovelo bi do upošljavanja sadašnjih slobodnih kapaciteta.

LITERATURA

[1] Bundalo Z., Dakić B.: "**Nužnost promene strukture teretnog kolskog parka JŽ u funkciji zahteva privrede**", Zbornik radova sa VIII Naučno stručnog skupa Tenika železničkih vozila, Niš 1998.

[2] Z. Marinković, Jovanović M., Janošević D., Marković S., Mijajlović D.: "**Pretovarna oprema kombinovanog transporta na železničkim kontejnerskim terminalima**", Zbornik radova sa X Naučno stručnog skupa Železničko mašinstvo, Niš 2002.

[3] Mickić Z.: "**Kombinovani teretni saobraćaj**", Zbornik radova sa VII Naučno stručnog skupa Tenika šinskih vozila, Niš 1996.

[4] Informacije TTV: "grupa autora" 2002 i 2003. god

[5] www. mobilier.de

[6] www. phototostrains.ch

[7] www. sbbcargo.com

MODERN TEHNOLOGY OF COMBINED TRANSPORTATION

Nebojša Ivković, Zoran Marinković

Summary: *Modern transportation includes integral, combined and multi-modal (inter-modal) transportation. The first one encompasses the transportation of goods by one transportation means (road, railway vehicle, ship, airplane),the second one includes the transportation of goods by different types of transportation means, while in the third model one transportation means is being tranprted by another. Although in our country the conditions are met to use all three types of transportation, the first one has been used the most. For the development of the other two, beside the convenient geographical position, there is a need for improving the infrastructure, whice is in a very bad state due to insufficient invetment in the development of this area of goods transportation. The paper deals with the analysys of all three types of transportation, the possibilities of the development and the application of these systems in our country.*

Key words: Railway, Combined transportation, Containers, Railroad cars

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

СТРАТЕГИЈА РАЗВОЈА СЛУЖБЕ ВУЧЕ У ПРОЦЕСУ ТРАНСФОРМАЦИЈЕ ЖЕЛЕЗНИЦА СРБИЈЕ

Драгомир Мандић [1]

Резиме *– Железнице Србије се налазе на прагу трансформације и прилагођавања европским стандардима. У тим процесима који предстоје, сви подсистеми ће морати претрпити промене. Служба вуче, као изразито специфична служба, која је до сада на свим железницама била јединствена и представљала један од стубова јединственог железничког система, такође ће морати бити реорганизована. Овим радом се, без детаљних истраживања и чврстих аргумената и чињеница, даје један упрошћен поглед на могућност дефинисања стратегије развоја те службе. Поред осталог, циљ рада је да укаже на озбиљност и комплексност процеса реформи и указује на потребу знатно детаљнијег истраживања и планирања процеса реформе и реорганизације и ове службе и железнице у целини.*

Кључне речи – Стратегија, служба вуче, Железнице Србије

1. УВОД

Железнице Србије се налазе на почетку процеса реформе и прилагођавања европским стандардима, у складу са препорукама, дирек- тивама и законима Европске Уније. На жалост, Србије у знатној мери касни са почетком ових реформи. Једноставно се поставља питање за- што је то тако, ако се зна да су основне смер- нице и постулати тих реформи одавно познати.

У овим процесима, основни законски и стратешки документи су или већ спремни или су у завршној фази (Закон о железници, Инсти- туционална студија итд.). Међутим, ова доку- мента дају само стратешка опредељења рефор- мама које следе, и на основу њих треба разра- дити детаљне планове и програме трансфор- мације данашњег ЖТП-а.

Развијене железнице обично изврше де- таљна истраживања тржишта и на основу ре- зултата тих истраживања дефинишу место и улогу својих постојећих железница (оператера), које су биле државне, испланирају стратегију њиховог позиционирања на том тржишту и на основу тога произилазе средњорочне и кратко- рочне мере и потези које повлаче. Остало је препуштено тржишту. Резултат таквог приступа је да те железнице спремно улазе у процес реформи и у координацији са осталим учесни- цима овог процеса, од којих су најважнији државни органи (Министарства, одговарајуће државне агенције, регионалне и локалне поли- тичке структуре), али исто тако и велики коми- тенти и остале организације из "железничког програма", организују реструктуирање и реорга- низацију постојеће железнице, формирање но- вих организација, гашење или осамостаљивање оних за које се оцени да су непрофитабилне и да немају будућност итд. У свим овим фазама реформи, веома су различите форме и облици организација које опстају или се организују. Другим речима, не само да се дефинишу орга- низационе јединице које ће се реорганизовати, опстати или формирати нове, него и њихова форма и организациони облик.

У Србији још није прихваћен овакав приступ решавању не само железничких, него и других стратешких проблема и потеза које треба урадити. Због тога се овим радом покушава дати до максимума упрошћен приказ како би, по мишљењу аутора, то требало урадити на приме- ру службе вуче Железница Србије.

2. МЕСТО И ЗНАЧАЈ ЖЕЛЕЗНИЦА СРБИЈЕ У ЖЕЛЕЗНИЧКОЈ МРЕЖИ ЕВРОПЕ

О месту и значају железничког саобраћаја на територији Србије написани су многи радови и текстови, углавном афирмативни. Међутим, реално се мора јасно рећи да су данас Железнице Србије железнице једне од мањих европских земаља, да су неразвијене, технички и технолошки заостале, организационо неприла- гођене захтевима Европе. Са друге стране то су железнице које се налазе на, за Европу, инте- ресантном паневропском коридору. Ово значи да Европа показује значајан интерес за развој овог коридора и да ће он делити судбину оста- лих европских и паневропских коридора (већ има назнака да ће у перспективи, посебно за земље као што је наша, Европа преко својих институција и органа преузети у потпуности бригу о њима, што значи да ће све више губити национални карактер а добијати интернационал- ни). Даље, реално је очекивати да ће учешће међународног, посебно транзитног саобраћаја, у укупном обиму железничког саобраћаја, нас- тавити са садашњим трендом пораста.

Реформама и трансформацијом Железни- ца Србије, мораће да се отвори "железничко тржиште" Србије, што значи да ће наша или наше железнице морати да се боре за посао на отвореном тржишту.

[1] др Драгомир Мандић, ред. проф., Саобраћајни факултет Београд, irata@ptt.yu

3. ТЕОРИЈСКЕ МОГУЋНОСТИ И ОГРАНИЧЕЊА ОРГАНИЗОВАЊА СЛУЖБЕ ВУЧЕ

а) Могући организациони облици

Имајући у виду само најзначајније и опште чињенице изнете напред, поставља се питање може ли Служба вуче Железница Србије, опста- ти као самостална организациона јединица (пре- дузеће)? Могуће, под условом да остали, у но- вим условима осамостаљени, делови ("опе- ратери") не набављају своја возила и немају своје особље вуче. Овакав развој је мало веро- ватан, посебно у условима сурове конкуренције на тржишту, где би "оператери" били веома зависни од "предузећа за вучу". Другим речима, у разматрању стратегије развоја службе вуче, одлука о оснивању посебног предузећа за вучу би подразумевала озбиљна ограничења преду- зећима за обављање превоза.

Са своје стране самостално "предузеће за вучу" би морало имати веома прецизне и строге уговоре са "оператерима" да би могло рачунати на посао у перспективи.

Друга опција је да служба вуче буде саставни део предузећа за превоз ("опе- ратера"). Док је на почетку реформи желез- ница у Европи изгледало да ће моћи бити сачувана јединствена предузећа за превоз (и у путничком и у теретном саобраћају), најновији трендови су да се мора ићи на раздвајање оператера у путничом и у теретном саобраћају, посебно код земаља као што је наша, где је разлика у профитабилности ова два сегмента исувише велика. То значи да ће, вероватно, служба вуче бити подељена како буду формира- на и предузећа за превоз. Постоји могућност склапања уговора о заједничком функциониса- њу службе вуче за више предузећа. Међутим, искуство нас учи да ће највероватнија опција бити да свако предузеће за превоз има своју службу вуче.

Подразумева се да ова два основна органи- зациона облика у конкретној разради имају велики број подваријанти и различитих начина који зависе од конкретних услова, циљева и окружења и да их је потребно детаљно истра- жити и дефинисати најбољи, узимајући у обзир и временску димензију.

б) Могући власнички облици

Када се говори о власничком односу код нас се одмах подразумева да свака органзациона јединица (предузеће) располаже својом имови- ном. У развијеним привредама није редак случај да предузећа изнајмљују (узимају на лизинг) нека од средстава која су им потребна (у краћем периоду) за извршавање појединих послова. Поред класичног изнајмљивања познати су и облици удруживања (прављења пулова) за поједина средства.

За Железнице Србије власнички облици могу бити веома битни у дефинисању стратегије развоја Службе вуче. Ово зато што у кратком периоду Железнице Србије неће располагати најсавременијим вучним, а осим Z путничких кола, ни вученим возилима. За беспоштедну тржишну битку, мораће се проналазити одгова- рајућа решења.

в) Могућа територијална распрострањеност Службе вуче

Могуће је неколико начина територијалне распрострањености Службе вуче. Наиме, могуће је, и то ће највероватније и бити, да Служба ву- че сваког оператера покрива целу територију Србије.

Међутим, постоји могућност да неки опе- ратери обављају рад само на једном делу мреже, и тада њихова служба вуче не мора и неће моћи да обавља вучу на целој мрежи.

Са друге стране, страни оператери, који могу закупити неке од траса возова преко мреже Железница Србије, могу обављати рад и на ви-ше железница. Или, наши оператери могу имати стратегију обављања вуче и на суседним желез- ницама.

О овој последњој могућности треба водити посебно много рачуна при изради стратегије развоја Службе вуче, јер као солидна транзитна мрежа, посебно на међународним коридорима, Железнице Србије ће бити веома интересантне страним оператерима да организују вучу својим возилима и особљем преко њене територије.

г) Могућа ограничења у обављању вуче

Иако данас постоје доста добро и детаљно уређени технички прописи и нормативи за саобраћај возила у међународном саобраћају, очекивати је да са почетком функционисања јединственог железничког тржишта Европе, технички прописи буду све строжији и строжи- ји. За ову тврдњу може послужити пример друмског или ваздушког саобраћаја, где се про- писују све оштрији технички услови за саобра- ћај. За ово има и оправдања, (различити технич- ки системи на различитим железницама) али и програмирано смањење и елиминација конку- ренције.

Следећа ограничења се односе на добијање лиценци за обављање железничког саобраћаја. И ту се могу очекивати одређена ограничења, посебно за добијање тих лиценци код других, развијенијих железница.

Поред ових "институционалних" ограни- чења, очекивати је и низ других "ванинститу- ционалних" ограничења. Наиме, многе, посебно високо развијене и велике железнице ће многим од ових средстава и начина бранити постојећи свој положај и место на саобраћајном тржишту.

4. ПРЕДЛОГ СТРАТЕГИЈЕ РАЗВОЈА СЛУЖБЕ ВУЧЕ ЖЕЛЕЗНИЦА СРБИЈЕ

Као што се из овог кратког резимеа само основних могућности и ограничења у дефиниса- њу будуће организације Службе вуче може ви- дети, веома озбиљан и по обиму велик је посао дефинисања ове службе, јасно ако се на прави начин жели урадити тај посао. А Служба вуче је само једна од десетина служби које чине један железнички систем.

Још једанпут је потребно напоменути да у предходном поглављу нису набројане ни све могућности ни ограничења а камоли многобројне варијанте и ниже категорије ових основних. Рецимо ни реч није наведена о законодавно- нормативним могућностима и ограничењима која ће у највећој мери тек бити донета, о тех- ничким, економско-финансијским, кадровским, територијалним (у смислу

распореда јединица вуче на територији) итд. итд.

а) Основна стратешка опредељења

На основу свега, уз могућност да се и пог- реши, основна стратегија развоја ове Службе се може свести на следеће:

- Максималистички захтев би био да постојећа железничка организација, ре-формисана и трансформисана остане једини оператер на територији Србије. Међутим, како такво стратешко опре-дељење није реално, онда би требало дефинисати опредељење да, у новим условима ова организација, детаљно реорганизована, опстане на тржишту,
- Служба вуче ће, скоро без изузетка, бити једна од служби сваког оператера који буде, у новим условима, радио на територији Србије. Ово подразумева да ће стратегија ове службе, директно и максимално, зависити од стратегије оператера и послова које ће обављати у перспективи,
- Рационално би било да оператери из- међу себе договоре послове и ниво заједништва (унификација возног пар- ка, заједничка набавка возила, заједничко одржавање, можда стварање пу- ла појединих возила итд. итд.)
- Логично је очекивати да ће се највећа борба између оператера у перспективи водити око међународног саобраћаја преко територије Србије, јер је то најуноснији посао. Ово значи да би циљ сваког озбиљног оператера био да обавља цео или бар део овог саобраћа- ја. Ово посебно важи за "националне" оператери, тј. оне који буду обављали саобраћај на целој територији Србије. Ови оператери ће морати бити послов- но повезани са страним, посебно сусед- ним оператерима, првенствено због организације службе вуче,
- За оператере који буду имали за циљ обављање и међународног саобраћаја на мрежи пруга других железница, неопходно ће бити техничко, техно-лошко, оперативно и кадровско прила- гођавање захтевима тих мрежа. Подра- зумева се прибављање потребних доз- вола, лиценци, сертификата и других докумената,
- детаљно истражити и дефинисати који послови (релације) су профитабилни, за које релације су потребна која возила, колико особља је потребно итд. итд.

б) Потребни основни предуслови за дефинисану стратегију

Без обзира како ће бити дефинисана страте- гија развоја службе вуче Железница Србије, за њено успешно спровођење је потребно испуни- ти неколико предуслова. Као и код дефинисања саме стратегије, само на основу грубих сагледа- вања (а сигурно је да има потребе урадити детаљно истраживање) може се тврдити да:

- Данашње стање првенствено вучних возила је такво да наглим, потпуним отварањем "железничког тржишта" Србије, оператери а тиме и служба ву- че би за кратко време били елимини-сани, посебно у сфери међународног саобраћаја,
- Иста констатација важи и за службу одржавања возних средстава, која је гломазна и неефикасна,
- Пре потпуног отварања "железничког тржишта" потребно је извршити раци- онализацију службе вуче. Ова рациона- лизација подразумева касацију свих неупотребљивих возила, смањење бро- је јединица вуче, рационализацију броја запослених до рационализације пословања (процедура и норми) у обав- љању послова,
- Службу вуче организовати по угледу на савремене, развијене железнице Европе,
- Обезбедити довољно савремених вози- ла за обављање свих планираних пос- лова,
- Обезбедити да почетак функционисања нове организације буде на здравим темељима, тј. без наслеђених дугова.

STRATEGY OF THE DIVISION FOR TRACTION DEVELOPMENT DURING THE TRANSFORM PROCES OF RAILWAIS OF SERBIA

Dragomir Mandic

Abstract – *The division for traction is specific part of everyone railway organisation. During the history of railways this division was one of the pillars of integral railway system. The reform proces of all railwais in Europe, which is underway, will be drastically reflect and on this division. In this paper is described simplified analysis of basic factors and conditions important for successful reform of this division.*

Key words – strategy, the division for traction, Railwais of Serbia

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

УПРАВЉАЊЕ КВАЛИТЕТОМ УСЛУГЕ У ЖЕЛЕЗНИЧКОМ САОБРАЋАЈУ И ТРАНСПОРТУ

Драгутин Јовановић [1]

Резиме *– Квалитет услуге у железничком саобраћају и транспорту може се планирати. У раду се сагледавају основни параметри квалитета услуге. Потом се разматра питање управљања квалитетом услуге у железничком саобраћају и транспорту, уз указивање на могуће методе и технике унапређења квалитета.*

Кључне речи – управљање, квалитет, услуга, железница.

1. УВОД

У свакодневној пракси реч ***"квалитет"*** се веома често среће као једно универзално поимање, а у суштини обично изражава различиту садржину. За реч ***"квалитет"*** може се рећи да она испољава субјективне процене сваког појединца, односно корисника услуга о основним карактеристикама, могућностима и способностима услуга да задовољи очекиване и изражене потребе корисника.

Стандард ISO 8402 (речник термина из области квалитета) квалитет дефинише као "целокупност карактеристика неког ентитета, које се односе на његову способност да задовољи исказане потребе и потребе које се подразумевају". Као ентитет може се посматрати услуга у железничком саобраћају и транспорту.

Железница својим функционисањем пружа услугу превоза путника и терета ради задовољења захтева корисника. Захтеви корисника су усмерени ка услузи одговарајућег квалитета. Квалитет услуге условљен је бројним техничко-технолошким и економским параметрима. Са друге стране квалитет услуге зависи и од многих субјективних оцена и очекивања корисника услуге.

Систем квалитета услуга чине организациона структура, одговорност, поступци, процеси и ресурси потребни за остварење управљања квалитетом услуге. Њиме се унапред планирају сви неопходни процеси како би се грешке и слабости свеле на минимум. Системом квалитета се корисницима услуга гарантује трајност квалитетних услуга, чиме се омогућава остварење жељених резултата.

У раду се разматра управљање квалитетом услуге као део менаџмента квалитетом услуге железнице који је усмерен на испуњавање захтева квалитета уз указивање на неке могуће методе и технике унапређења квалитета услуге у железничком саобраћају и транспорту.

2. УСЛУГА У ЖЕЛЕЗНИЧКОМ САОБРАЋАЈУ И ТРАНСПОРТУ

Услуга у железничком саобраћају и транспорту, односно железничка саобраћајно-транспортна услуга, може се дефинисати као промена места корисника у путничком, односно, терета у теретном железничком саобраћају. Основна карактеристика такве услуге је да је она нематеријалан производ, да је процес производње и потрошње услуге временски јединствен.

Квалитет услуге може се дефинисати као степен задовољења очекивања корисника а могуће га је исказати кроз однос између објективних перформанси и очекивања корисника.

Квалитет саобраћајно-транспортне услуге може се двојако посматрати, са гледишта даваоца (понуђени квалитет) и са гледишта корисника услуге (тражени, односно очекивани квалитет).

Квалитет железничке саобраћајно-транспортне услуге може се посматрати у ужем и ширем смислу. У ширем смислу квалитет услуге обухвата:

- елементе квалитета који се манифестују у тренутку исказивања захтева за превозном услугом,
- елементе квалитета који се манифестују у процесу превоза терета до крајњег корисника и
- елементе квалитета који се манифестују након достављања терета крајњем кориснику, односно наручиоцу услуге.

Квалитет саобраћајно-транспортне услуге железнице у теретном саобраћају одређују следећи фактори:

- брзина превоза, односно време превоза од тренутка када пошиљалац ставља на располагање робу до испоруке примаоцу,
- одржавање договореног рока испоруке,
- погодност обављања и време трајања утоварно-истоварних операција,
- рок за поруџбину празних кола,
- достављање празних кола захтеваних карактеристика у договореном времену,
- информисаност корисника превоза о извршењу превозног процеса, а посебно о доласку робе у упутну станицу,
- интегралност и комплексност услуге, односно пружање услуге “од врата до врата” укључујући и административно-комерцијалне операције,
- безбедност првоза робе и сл.

[1] др Драгутин Јовановић, ред. проф., пуковник, Војна академија-Школа националне одбране, Незнаног Јунака бр. 38, Београд, e-mail: dragjov@net.yu

Квалитет саобраћајно-транспортне услуге у путничком железничком саобраћају мора се посматрати са аспекта савремених захтева путника као корисника услуге. Квалитет саобраћајно-транспортне услуге железнице у путничком и теретном саобраћају посматран са стране понуде изражава одређене квалитативне вредности које су у суштини мерило за квалитет услуге.

На основу анализе техничко-технолошких карактеристика железнице могуће је издиференцирати одређени заједнички скуп елемената квалитативне вредности саобраћајно-транспортне услуге у путничком и теретном железничком саобраћају, на пример:

- редовност превожења (*Re*),
- тачност превожења (*Тč*),
- брзина превожења (*Vpr*),
- безбедност превожења (*Be*),
- удобност превожења (*Ud*),
- учесталост превожења (*Uč*),
- доступност превожења (*Do*),
- способност masovnog превожења (*Sm*).

Квалитет саобраћајно-транспортне услуге железнице (*K*) математички се може изразити као вектор:

$$\vec{K} = f(Re, Tč, Vpr, Be, Ud, Uč, Do, Sm) \qquad (1)$$

Основна карактеристика саобраћајно-транспортне услуге сваке гране саобраћаја па и железнице дефинисана је квалитетом и ценом превожења. Ниво вредности сваког елемента квалитета, као и квалитета услуга у целини, постиже се уз одређене трошкове. Корисник од понуђача-даваоца услуге тражи виши ниво квалитета уз што ниже трошкове.

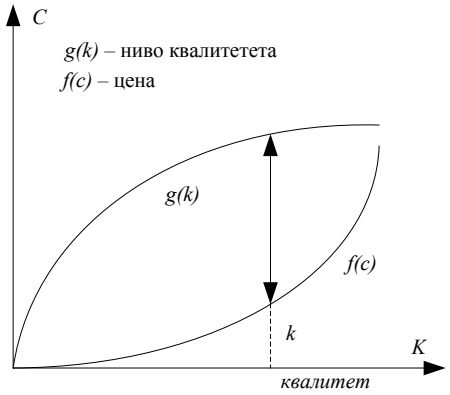
Квалитет саобраћајно-транспортне услуге са једне стране је објективно условљен, а истовремено зависи и од многих субјективних оцена и очекивања корисника услуге.

Код квалитета саобраћајно-транспортне услуге мора се са једне стране посматрати њен техничко-технолошки, а са друге стране економски аспект. Захтеви за квалитетом су у принципу ограничени ценом. Однос квалитета и цене услуге може се графички приказати сликом 1.

Однос приказан на слици вреди уз претпоставку да су функције трошкова (цене) и нивоа квалитета прогресивне,а ниво квалитета у почетку расте брже од цене. Оптимални квалитет се добија у тачки *к* где је *d g (k)= d f (c)*. Лево од тачке к жртвује се квалитет, а десно цена брже расте. При захтеву за услугом одређеног нивоа квалитета мора се наћи оптимални однос цене и захтева.

Корисници захтевају услугу са карактеристикама које задовољавају њихове потребе и очекивања, а оне у суштини представљају захтеве корисника. Прихватљивост услуге утврђује на крају сам корисник. Потребе и очекивања корисника се мењају временом са променом услова конкуренције и техничко-технолошког напретка, што од даваоца услуге тражи да услугу стално побољшавају.

Поједини елементи квалитета могу се и математички исказати, као на пример: редовност, тачност, брзина, учесталост и др.



Слика 1. Однос цене и квалитета услуге

Редовност превожења железницом (Re) представља степен способности железнице да обезбеди редовитост одвијања саобраћајно-транспортног процеса ради задовољења потреба корисника услуга уз што је могуће ниже трошкове.

Под редовитошћу, у ширем смислу, подразумева се непрекидно одвијање саобраћајно-транспортног процеса по унапред дефинисаном реду вожње. Степен редовитости може се представити изразом:

$$R_e = \frac{N_{os}}{N_p} \cdot 100 \mid \% \mid \qquad (2)$$

где је:

N_{os} - стварни број саобраћалих возова у току једног дана (возова),

N_p - планирани број возова (у возном реду) у току једног дана (возова).

Сто постотна редовитост се постиже на оним мрежама (пругама) где се покрећу сви возови дефинисани редом вожње.

Тачност превожења (Тč) подразумева одвијање саобраћајно-транспотног процеса уз тачно придржавање времена датих у реду вожње. Степен тачности може се израчунати помоћу израза:

$$T_{\sim} = \frac{1440 - t_k}{1440} \cdot 100 \mid \% \mid \qquad (3)$$

где су:

t_k - просечно кашњење у поласку и доласку на одређеној прузи или мрежи пруга (*min*),

1440 - број минута у једном дану.

Тачност одвијања саобраћајно-транспортног процеса може се израчунати за целу мрежу, поједине пруге или пак поједина службена места. Сто постотна тачност се постиже када је време $t_к$ једнако нули односно када не постоје кашњења.

Брзина превожења железницом (Vpr) представља способност железнице као даваоца саобраћајно-транспортне услуге да одређену количину терета превезе у одређеном времену. У савременом развоју саобраћајног система и тржишту саобраћајно-транспортних услуга брзина превожења је постала један од веома битних фактора оцењивања квалитета

услуге.

Брзина превожења може се посматрати са стране корисника и са стане даваоца саобраћајно-транспортне услуге. Корисника услуга интересује комплетна услуга а то значи да је за њега битна брзина превожења, а не техничка брзина саобраћајно-транспортних средстава.

У теретном железничком саобраћају брзина превожења постаје примаран елемент квалитета саобраћајно-транспортне услуге. Она се одређује на основу обрта товарених кола, према изразу:

$$V_{pr}=\frac{l}{\frac{l}{V_k}+\frac{l}{L_{teh}}\cdot t_{teh}+\left(t_{ut}+t_{ist}\right)K_{ui}}\ |\text{km/h}| \quad (4)$$

где је:

l - дужина пута превожења терета (km),

V_k - просечна комерцијална брзина теретних возова (km/h),

L_{teh} - просечно растојање између две техничке станице (km),

t_{teh} - просечно задржавање теретних кола у техничким станицама на путу l (h),

t_{ut} - време задржавања терета на утовару у отпремној станици (h),

t_{ist} - време задржавања терета на истовару у упутној станици (h),

K_{ui} - коефицијент рада (утовара-истовара),

Учесталост превожења (Уč) као елемент квалитета саобраћајно-транспортне услуге представља способност саобраћајне гране да на одређној релацији обезбеди што учесталије поласке односно доласке. На железници се учесталост може приказати изразом:

$$Uč=\frac{N_v}{24}\ |\ \text{vozova/h}\ | \quad (5)$$

где је:

N_v - дневни број возова (возова).

Учесталост се може посматрати посебно за путнички а посебно за теретни саобраћај. Она је другим речима одраз пропусне и превозне моћи одређених пружних праваца.

3. УПРАВЉАЊЕ КВАЛИТЕТОМ УСЛУГЕ

Управљање, односно менаџмент, квалитетом железничке саобраћајно-транспортне услуге може се посматрати као комплексан процес усмерен на ефикасно извршавање задатака превоза ради постизања унапред утврђених заједничких циљева. Оно као процес обухвата више различитих подпроцеса и то: планирање, организовање, контрола и итд.

У стандарду ISO 9001 специфицирани су захтеви за систем менаџмента квалитетом. Тај стандард сам по себи не утврђује захтаве за услуге. Њих могу изразити корисници, а могу се специфицирати прописом.

Обзиром на своје техничко-технолошке карактеристике, железница знатан део својих могућности усмерава ка пружању транспортне услуге, превозећи разне врсте терета, од појединачних па до масовних количина.

Квалитет услуге у железничком транспорту може се планирати. То је део менаџмента квалитетом услуге који је усмерен на успостављање циљева квалитета услуге и на утврђивање неопходних оперативних процеса и потребних одговарајућих ресурса (железничких кола , локомотива, инфраструктуре и сл.) за испуњавање циљева квалитета услуге.

Управљање квалитетом услуге у железничком транспорту као део менаџмента квалитетом усмерен је на испуњавање захтева квалитета, слика 2.

Уз то се непрекидно врши побољшавање квалитета услуге као део менаџмента квалитетом који је усмерен ка повећању способности железнице као организације да испуњава захтеве корисника.

Побољшање квалитета обухвата мере које се предузимају у циљу унапређења особина и карактеристика услуга и повећања ефективности и ефикасности процеса пружања усуге. Процес побољшања треба да обухвати[3]:

- дефинисање, анализу и мерење постојеће ситуације,
- успостављање циљева побољшања,
- трагање за могућим решењима,
- анализу индентификованих решења,
- примену изабраних решења,
- верификацију, анализу и мерење реализованих активности,
- формализовање процесних измена.

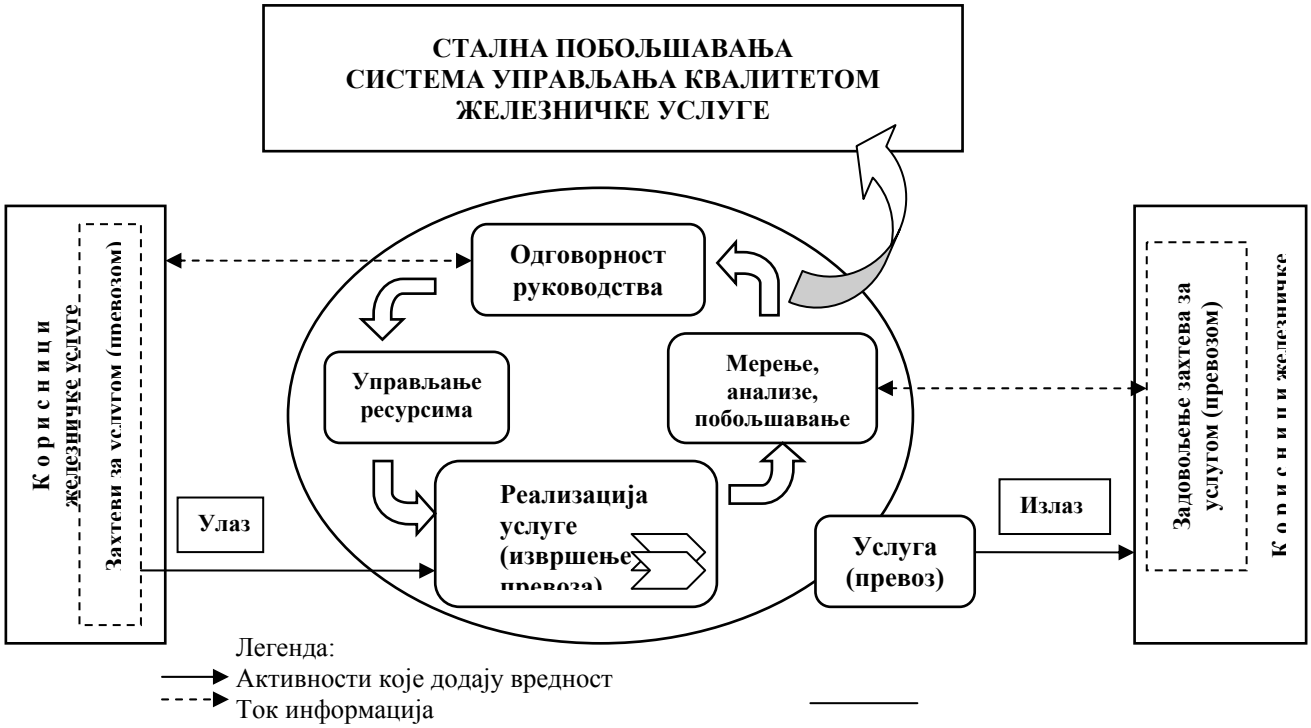
Железница сходно својим техничко-технолошким карактеристикама има способност пружања услуге превоза специјалних терета, као што су опасне материје, предимензионисани терет и слично.

Организација превожења таквих терета железницом представља сложени процес који се састоји из мноштва активности.У циљу стварања јасније слике тог процеса и предузимања мера за њихово унапређење-побољшање потребно је зато изнаћи и применити адекватну методу.

Методе и технике унапређења квалитета транспортне услуге железнице до сада нису довољно обрађиване.

Једна од њих је и дијаграм тока. То је у суштини техника графичког приказивања одвијања одређеног процеса. Циљ графичког приказивања може бити снимање постојећег процеса и добијање јасне слике стварног његовог одвијања ради добијања подлоге за детаљну анализу процеса и евентуално унапређење.Поред тога, дијаграм тока може се користити као подсетник, односно кратко радно упутство, за извођење процеса.

У приказивању дијаграма тока користе се стандардни симболи алгоритамског програмирања. Примена дијаграма тока се препоручује при изради докумената система квалитета сагласно захтевима стандарда серије ISO 9000. Сваки процес који се састоји из више активности а који треба да се пропише документом система квалитета, упутно је да се уз текстуални опис потпомогне и дијаграмом тока.



4. ЗАКЉУЧАК

Квалитет услуге у железничком саобраћају и транспорту може и мора се планирати. То питање данас, у времену прилагођавања европском железничком систему и његовим стандардима, заслужује посебну пажњу.

Са тим циљем у раду су сагледани основни параметри квалитета услуге у теретном железничком саобраћају и транспорту.

Понуђени математички модели омогућавају утврђивање вредности појединих елемената квалитета, док се неки елементи квалитета математички не могу исказати, већ се њихова вредност утврђује на основу одређених субјективних оцена корисника.

Дијаграм тока је само једна од метода и техника унапређења квалитета услуге у железничком саобраћају и транспорту. Она као техника пружа могућност графичког приказивања процеса планирања и организовања превожења предимензионисаних терета и опасних материја железницом. Тиме се ствара подлога за унапређење самог процеса а уједно се користи као сажето радно упутство за извршење процеса планирања и организовања превожења железницом.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Јовановић Д.:"Могућност унспређења квалитета железничке транспортне услуге", Управљање квалитетом и поузданошћу DQM-2003, зборник радова, стр. 189-194, Београд, 2003.

[2] Јовановић Д.:"Могућност унспређења квалитета превоза опасних материја железницом", Управљање квалитетом и поузданошћу DQM-2004, зборник радова, стр. 189-195, Београд, 2004.

[3] Перишић Р.: Систем квалитета услуга логистика и информатика, Београд, 2002.

[4] Југословенски стандард, Систем менаџмента квалитетом – захтеви, ISO 9000, 9001, Савезни завод за стандардизацију, Београд, 2001.

MANAGING SERVICE QUALITY OF RAILWAY AND TRANSPORT

Dragutin Jovanović

Summary- *It is possible to plan service quality of railway and transport.This paper defines basic parametres of service quality. After that, problem of managing service quality of railway and transport should be considered with pointing at possible methods and techniques of improving the quality.*

Key words- Managing , Quality , Railway , Service.

XI ŽELKON '04 RAILCON '04 2004

EXAMINATION ON WELDING-UP MODE INFLUENCE ON FORM AND DIMENSIONS OF WELDED-UP LAYER

Nikolay Ivanov Kemilev[1], Aleksandar Lyubomirov Monov [2], Nikolay Tontchev [3]

Abstract *– The paper purpose is to determine the influence of the technologic parameters with welding-up using pipe wire in protected environment of mixed gases on geometric parameters of the welded-up layer.The linear joining have been welded up using FLUXOFIL 58 pipe electrode wire (with a diameter of 1.4 mm) in Protected Gas Environment of 83 % argon and 17 % CO_2 on a low-carbonate steel (Ct20).To establish the dependencies of the controllable parameters (zone of thermal influence, height and width of joining), of controlling ones (current, voltage, speed of welding-up and electrode visual part), a planned experiment has been carried out.A number of regression dependencies have been deduced and using the method of compromise optimization, the optimal technologic modes of welding-up have been obtained.The data shows that the height of joining changes from 1.2 mm to 4 mm, the width changes from 3.8 mm to 12 mm and the coefficient of the welding form from 1.5 to 5.The results obtained are a base for continuing the work on laying joining covering one another in order to restore flat.*

Keywords - Weld up, pipe wires, manifacturing processes, optimal experiment design, optimization.

1. INTRODUCTION

Building-up by welding or surfacing has become more and more popular as a method used not only with the repairing and restoration activities, but also with the production of big-clearance details combining high operational properties with low prime cost.

The details of machines and equipments under operation change the dimensions of their working surfaces due to wear and tear. The restoration of worn details by building-up welding is a perspective trend in saving spare parts, raw materials, materials and power. For that reason the restoration of details is widely applied in the developed industrial countries and has a considerable economic and ecological effect. It is proved by the fact that the capital investments for restoration of details are from five to ten times less, the power consumption is from ten to twenty times less and the material consumption is from twenty to 100 times less than the ones used for the production of new spare parts.

The modern repairing and restoration production uses a large scale of methods and technologies (Paul, 1999; Vassilev, 1996) to restore the dimensions, shape and properties of the detail working surfaces. One of the new highly productive and perspective methods of restoration of details is the technology of building-up by welding in gas mixtures. It is developing more rapidly due to the high productivity and simplicity of the technological process and the high quality of the layer built-up by welding (Tonchev, 1986).

With the process of building-up by welding, the geometric parameters of the layer surfaced are in a direct dependency on the mode of building-up by welding. It is determined by current, voltage, and the electrode speed, so the various combinations of the three form a set of technological modes.

It is interesting to examine how the modes of building-up by welding are established in order to provide the maximal width of weld b and maximal weld increase h` (Fig. 1).

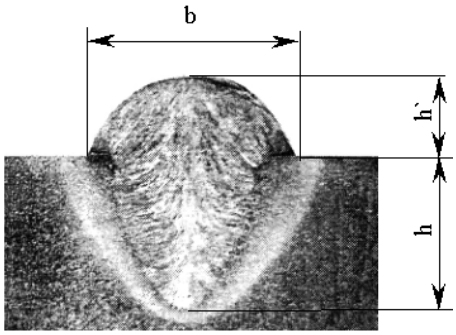


Fig. 1. Geometric parameters of the metal built-up by welding

The two parameters shown in Fig. 1 determine the weld geometry. It is possible to use also ratio ***b/h`*** with the assessment of the weld properties. Another important index shown in the figure above is the weld penetration h (the weld depth). It is desirable that this parameter is minimal in the area of surfacing.

[1] Nikolay Kemilev, Assoc. Prof , Todor Kableshkov University of Transport, 158 Geo Milev Street, Sofia 1574, Bulgaria, kemilev@abv.bg
[2] Alexander Monov, eng., Todor Kableshkov University of Transport, 158 Geo Milev Street, Sofia 1574, Bulgaria a_monov@abv.bg
[3] Nikolay Tontchev, Assoc. Prof , Todor Kableshkov University of Transport, 158 Geo Milev Street, Sofia 1574, Bulgaria tontchev@vtu.bg.

The problem of the weld shape and size is directly connected with the productivity of the surface coating by building-up welding and the surface quality (Graville and Read, 1974). The problem set in this way presents a multiple criteria optimization of the layer geometric parameters according to the mode of building-up by welding.

In fact, the purpose of the article presented is to solve the problem of establishing optimal technological modes of building-up by welding using the possibilities of the multiple criteria optimization.

The next point examines the nature of the problem being solved, followed by the description of the model and its solution.

2. PROBLEM SETTING.

The examination on the process of control on the geometric indices according to the technological modes relies on the experimental approach. To model the process parameters, a planned experiment has been carried out. The model solution has been done by the multiple criteria method. That has allowed determining the technological modes satisfying the requirements put preliminarily to the examined contradictory values.

No similar examinations can be found in the references and, as much as these examinations are carried out with testing new materials or equipment, they are of greater interest for the producing companies (the so-called company secret).

The determination of the geometric parameters of the layer according to the parameters of the building-up by welding mode is established at two stages:

- determining the regression dependencies between controlling factors and controlled parameters and defining the problem of multiple criteria optimization: a planned experiment is carried out by building-up a metal layer by welding using a wire on the strips of sheet steel;
- solving the problem of multiple criteria optimization and determining a set of values of the technological process parameters guaranteeing the achievement of a layer of preliminarily specified requirements.

With carrying out the experiment the following devices and modes of operation shown in Table 1 have been used:

- a power source of ***IZA - G 315***;
- a feeding device ***UT-5*** ;
- an automat (tractor) of welding ***COMETA 2***;
- a gas burner ***RM 36M RZ-2***.

Table 1. Values of controlling parameters used to carry out the experiment

Parameters of building-up by welding				
Levels	**X_1 Current [A]**	**X_2 Voltage [V]**	**X_3 Speed [m/min]**	**X_4 Wire extension [mm]**
Basic level (0)	200	22	0,82	13
Step of changing (0.25)	50	4	0,54	3
Lower boundary (-1)	150	18	0,28	10
Upper boundary (+1)	250	26	1,36	16

The samples, on which building-up by welding has been applied to are steel 20 strips of 20 mm width.

A dense wire of FLUXOFIL 58 type (OERLIKON Co.) has been used. It has the following chemical composition: C - 0.5; Mn - 1.5; Si – 0.53; S – 0.007; P – 0.012; Cr – 5.41; Mo – 0.64.

The values of the four main controlling parameters influencing most on the process of building-up by welding in a protective atmosphere of gas mixtures have been determined from the preliminary experiments:

- voltage of the arc – building-up by welding is done under a voltage of 18 ÷ 26 V of the electric arc as the process in this range is running with short circuits occurring more often; a small-dropped transfer of the electrode melted metal is carried out; the burning of alloyed elements is smaller and the losses due to dispersion are minimal;
- current of the arc – it is determined by the diameter and feeding speed of the electrode wire, which are chosen in compliance with the size of the layer built up by welding and the detail diameter. As denser the current as more stable the arc burning is and as smaller the melted metal dispersion is. Building-up worn details by welding is done in the range of 100 ÷ 250 A;
- speed of building-up by welding – it is the main parameter determining the rest and mostly the productivity of the process. The values have to be of 1 ÷ 3 m/min in order to obtain thin-layered coatings of high quality with decreasing the duration of the welding bath existence and the time of gas saturation;
- electrode wire extension – the values of wire extension have to be 10 ÷ 30 mm as the increase of the extension results in arc wandering and the decrease results in spraying on the nozzle and in bad formation of the layer built-up by welding.

The modes used to carry out the planned experiment in various technological modes as well as the meanings of the parameters controlled (criteria) are shown in Table 2.

To establish the dependencies of the weld geometry in the mode of building-up the weld, the standard methods described in (Vuchkov, 1990) have been used.

For the parameters controlled the following models have been developed:

Table 2 Technological modes and values of the parameters examined.

# of experiment	X_1 Current [A]	X_2 Voltage [V]	X_3 Speed [m/min]	X_4 Wire extension [mm]	b [mm]	h` [mm]
1	-1	-1	-1	-1	6.4	3.4
2	1	-1	-1	-1	8.4	4
3	-1	1	-1	-1	9	2.1
4	1	1	-1	-1	11.6	2.8
5	-1	-1	1	-1	3.8	1.2
6	1	-1	1	-1	5.3	2.1
7	-1	1	1	-1	5.3	1.6
8	1	1	1	-1	6.5	1.3
9	-1	-1	-1	1	6.6	3.6
10	1	-1	-1	1	8.5	2.4
11	-1	1	-1	1	8.5	2
12	1	1	-1	1	12.3	2.8
13	-1	-1	1	1	3.8	1.5
14	1	-1	1	1	4.3	2.3
15	-1	1	1	1	5.3	1.7
16	1	1	1	1	5.6	1.4
17	1	0	0	0	6.8	1.9
18	-1	0	0	0	5.4	1.6
19	0	1	0	0	7.1	1.8
20	0	-1	0	0	5.5	2
21	0	0	1	0	5.3	1.3
22	0	0	-1	0	7.3	3.1
23	0	0	0	1	5.4	1.3
24	0	0	0	-1	5.7	1.7
25	0	0	0	0	6.1	1.7
26	-0.4	-0.25	-0.741	-0.333	6.3	1.8
27	-0.4	-0.25	-0.407	-0.333	6.5	2
28	-0.4	-0.25	0.519	-0.333	6.5	1.7
29	0.4	0.5	-0.741	-0.333	9.5	2.2
30	0.4	0.5	-0.407	-0.333	8.3	1.9
31	0.4	0.5	0.519	-0.333	7	1.8
32	0.4	-0.375	-0.741	-0.333	7.3	2.7
33	0.4	-0.375	-0.407	-0.333	7	2
34	0.4	-0.375	0.519	-0.333	6.3	1.7
35	-0.4	0.625	-0.741	-0.333	9	2.2
36	-0.4	0.625	-0.407	-0.333	7	1.8
37	-0.4	0.625	0.519	-0.333	5.3	1.3

Regression model of the weld width

$$b = 6.179 + 0.866X_1 + 1.04X_2 - 1.778X_3 - 0.137X_4 + 0.215X_1^2 + 0.148X_1X_2 - 0.42X_1X_3 - 0.058X_1X_4 + 0.393X_2^2 - 0.437X_2X_3 + 0.542X_3^2 - 0.179X_3X_4 - 0.392X_4^2 \quad (1)$$

Regression model of the weld height

$$h` = 1.559 + 0.225X_1 - 0.19X_2 - 0.63X_3 + 0.033X_4 + 0.085X_1^2 + 0.021X_1X_2 - 0.112X_1X_3 + 0.078X_1X_4 + 0.246X_2^2 + 0.226X_2X_3 + 0.04X_2X_4 + 0.476X_3^2 - 0.076X_3X_4 \quad (2)$$

Regression model of the weld depth (weld penetration)

Under processing of experimental results.

The advantages of the multi-criteria approach can be summed as:

- possibility to examine various, equally good variants;
- possibility to train the expert and to get acquainted with the nature of the problem being solved;
- achieving a real and the best compromise decision.

Table 3 Extreme values of weld increasing

h` [mm]	Parameters of the mode			
	Current [A]	Voltage [V]	Speed [m/min]	Wire extension [mm]
3.87 (max)	1	-1	-1	1
	250	18	0.28	16
1.19 (min)	-1	0	0	1
	150	22	0.82	16

Table 4 Extreme values of weld width increasing and technological modes to be obtained

b [mm]	Parameters of the mode			
	Current [A]	Voltage [V]	Speed [m/min]	Wire extension [mm]
10.7 (max)	1	1	-1	0.25
	250	26	0.28	13.75
2.91 (min)	-1	-0.5	1	1
	150	20	1.36	16

3. SOLVING A PROBLEM BY USING MULTIPLE OBJECTIVE.

The so constructed model has two nonlinear objective functions and four decision variables. Thus, we derived in a natural way a nonlinear multiple objective mathematical programming problem. The feasible set is 4-dimensional rectangular with boundaries [-1, +1]. Actually, it is a discrete problem on the base of realizing that the chosen solution has to satisfy the possibilities of technical devices.

The decision maker performed several iterations for different aspiration levels and a number of efficient solutions were generated. As a result of the study on the efficient set 4 decisions have been separated as promising ones – see Table 5. The further analysis has shown that decisions 2, 3 and 4 are more difficult to implement technologically. Decision 1 has been used as a final one.

Table 5 Effective decisions obtained

#	OPTIMIZED PARAMETERS			Current [A]		Voltage [V]		Speed [m/min]		Wire extension [mm]	
	Parameter		Value	Coded value	Real value [A]	Coded value	Real value [V]	Coded value	Real value [m/min]	Coded value	Real value [mm]
1	b	%	77.08	1	250	0.25	23	-1	0.28	1	16
		[mm]	10.14								
	h	%	74.82								
		[mm]	3.2								
2	b	%	74.81	1	250	0	22	-1	0.28	0.5	14.5
		[mm]	9.95								
	h	%	74.06								
		[mm]	3.18								
3	b	%	96.43	1	250	1	26	-1	0.28	1	16
		[mm]	11.72								
	h	%	73.5								
		[mm]	3.16								

4. CONCLUSION

The paper has presented a multiple criteria approach to solving the problem of building- up by welding. The nonlinear model was made using two criteria and four controlling parameters.

As a result there are certain technological modes providing the optimal values of the geometry of the layer built-up by welding. These modes are recommended to the technology of the process of building-up by welding when the aim is to obtain a weld of good quality as well as of big height and width.

REFERENCES

[1] A Goldak, J. A., Oddy, A. S., and Dorling, D. V.: "Finite element analysis of welding on fluid filled, pressurized pipelines", 3rd International Conference on Trends in Welding Research**,** Gatlinburg, Tenn., pp. 45-50, 1992.

[2] Goldak, J., Chakravarti, A., and Bibby, M.: "A new finite element model for welding heat sources", Metall. Trans. B. 15B, 299-305, 1984

[3] Graville, B. A., and Read, J. A.: "Optimization of fillet weld sizes", Welding Journal 53(4), 161-s to 169-s, 1974.

[4] Paul, B.K.: "Rapid Prototyping and Freeform Fabrication; Materials and Processes in Manufacturing", 9th Ed., DeGarmo, Black and Kohser (Eds.), Prentice-Hall, 1999

[5] Tonchev G.: "Contemporary technologies for details reconstructing", Russe University “Angel Kanchev”, Russe, 1986.

[6] Vassilev V.: "Technology for details reconstructing, Russe University “Angel Kanchev”, Russe, 1996.

[7] Vuchkov I.: "Identification of experimental research", Technika, Sofia, 1990

XI ŽELKON '04
RAILCON '04
2004

IZBOR OPTIMALNE TEHNOLOGIJE REPARATURE DELOVA IZLOŽENIH HABANJU

Milan Mutavdžić[1], Milorad Jovanović[2], Vukić Lazić[3], Nada Ratković[4], Dragan Adamović[5]

Rezime *- U ovom radu razmatraju se osnovni vidovi habanja radnih površna različitih mašinskih delova i uredjaja izradjenih od čelika, kao i mogućnost njihove reparature navarivanjem. Teorijski i eksperimentalno posebno je analiziran mehanizam abrazivnog habanja uzimajući u obzir tvrdoću i mikrostrukturu. To predstavlja osnovu za izbor najpovoljnijeg postupka i materijala za regeneraciju radnih površina. Eksperimentalni deo rada odnosi se na navarivanje niskougljeničnog čelika nanošenjem specijalno legiranog manganskog - Hadfieldovog čelika i specijalne legure.*

Ključne reči*: regeneracija, navarivanje, abrazivno habanje, manganski - Hadfieldov čelik, tvrdoća, mikrostruktura*

1. UVOD

Glavni uzroci oštećenja površina raznih delova mašina i uredjaja su triboloski procesi (50-80%), a troškovi njima izazvani su izuzetno visoki. Za smanjenje ovih troškova neophodno je poznavati savremena saznanja iz oblasti tribologije koja se odnose kako na konstruisanje tako i na eksploataciju, imajući pri tome u vidu zahteve za ekonomičnije korišćenje materijala, racionalno trošenje energenata i efikasno održavanje, kao i povećanje veka i pouzdanosti proizvoda.

Ekonomski opravdan način za ponovno postizanje radnih karakteristika delova i uredjaja jeste reparatura navarivanjem - *reparaturno navarivanje*, čime vek tako repariranih delova dostiže ili čak višestruko nadmašuje vek novoizradjenih delova. Takodje, radi uštede deficitarnih i skupih materijala (npr. skupocenih legura na bazi nikla, hroma, kobalta, bora i dr.) konstrukcioni delovi ponekad se izradjuju od ugljeničnih čelika, a njihove radne površine navaruju se tvrdim legurama - reč je o tzv. *proizvodnom navarivanju*. Ovom metodom se na jeftiniju podlogu nanosi sloj koji treba da ispuni odredjene zahteve, najčešće u pogledu otpornosti na habanje, korozije, povišene temperature, i dr. Pored ovih postupaka, takodje se navarivanjem *doradjuju novi odlivci* od legura gvoždja ili neželeznih metala, kod kojih je završnom kontrolom ustanovljena neka od livačkih grešaka.

Navarivanjem delova postižu se velike materijalne uštede, povećava produktivnost, jer se smanjuje vreme zastoja mašina.

2. OSNOVNI POJMOVI TEORIJE TRENJA I HABANJA

Trenje se definiše kao proces suprostavljanja kretanju tela u medjusobnom dodiru. Ovo suprostavljanje relativnom kretanju tela meri se deformacijom sredine u kojoj se telo kreće i utroškom rada neophodnim za realizaciju tog kretanja. Trenje koje se javlja i pri relativnom kretanju čestica unutar čvrstih materija, tečnosti i gasova naziva se unutrašnje trenje.

Pod pojmom habanje podrazumeva se gubitak materijala sa kontaktnih površina nastalo uglavnom kao rezultat delovanja mehaničkih sila. Hemijski procesi, koji prate ove pojave mogu biti osnovni uzročnik habanja - korozije metala.

Habanje je posledica delovanja trenja ili zajedničkog delovanja trenja, termičkih, hemijskih, elektrohemijskih i drugih činilaca na elementima tribo-mehaničkog sistema, tj. na njihovim kontaktnim površinama. Gubitak materijala sa kontaktnih slojeva delova koji su u relativnom kretanju prouzrokuje promenu oblika i karakteristika elemenata mehaničkih sistema, pa prema tome i promenu njihovih funkcionalnih karakteristika.

Pri razmatranju habanja procenjuju se pre svega oni faktori, koji su u datim radnim uslovima odlučujući, kao što su: materijal i osobine radnih površina, kvalitet i osobine kontaktnih radnih površina, osobine medijuma izmedju kontaktnih površina, karakteristike relativnog pomeranja izmedju radnih površina, veličina opterećenja, količina i osobine čestica nastalih u toku habanja i dr.

Treba pomenuti i relativno habanje koje se izražava u bezdimenzijskim jedinicama i definiše se kao odnos habanja odredjenog dela prema habanju materijala (ili dela koji je uzet za etalon) u istim uslovima kao pri realnim procesima trenja i habanja.

Pri razvrstavanju mehanizma habanja najčešće se uzimaju u obzir uslovi pod kojima se proces habanja odvija: vrsta relativnog kretanja tribo-mehaničkog sistema (klizanje, kotrljanje), priroda materijala elemenata sistema, preovladjujući mehanizmi habanja (adhezija, abrazija, erozija, kavitacija, zamor, vibracija,..), vrsta opterećenja, brzina, oblik čestica abraziva, intenzitet habanja, karakteristika otpornosti kontaktnih površina, radna temperatura i tsl.

Dakle, habanje utiče na promenu oblika i karakteristika elemenata sistema.

[1] Milan Mutavdžić, Preduzeće za puteve Kragujevac, Tanaska Rajića 16, 34000 Kragujevac,
[2] Prof. dr Milorad Jovanović, Mašinski fakultet, 34000 Kragujevac, S. Janjić 6,
[3] Dr Vukić Lazić, Mašinski fakultet, 34000 Kragujevac, S. Janjić 6, vlazic@microsky.net
[4] Mr Nada Ratković, Mašinski fakultet, 34000 Kragujevac, S. Janjić 6,
[5] Dr Dragan Adamović, Mašinski fakultet, 34000 Kragujevac, S. Janjić 6, adam@kg.ac.yu

3. KLASIFIKACIJA ELEMENTARNIH MEHANIZAMA PROCESA HABANJA

Za vreme kontakta dva tribo-elementa, u površinskim slojevima se stvara naponsko stanje koje u njima izaziva elastične i plastične deformacije, zavisno od veličine opterećenja, uslova trenja, mehaničkih osobina materijala kao i od hrapavosti (mikrogeometrije) površine trenja. Kao rezultat interakcije dve hrapave površine može nastupiti trenutni gubitak kontakta usled mikroneravnina, odnosno elastične ili plastične deformacije mikroneravnina. Proces mikrohabanja sastoji se iz više takvih mikrodeformacija i razaranja vrhova neravnina. Na osnovu eksperimentalnih iztraživanja [4, 5, 6] došlo se do zaključka da je završni proces habanja u stvari proces zamaranja. Prema raznim autorima postoje i različite podele procesa habanja. No, sve te podele se zasnivaju na načinu ostvarivanja kontakta dva dela te otuda proizilaze: *adheziono*, *abrazivno*, *eroziono*, *zamorno*, *kavitaciono*, *vibraciono* i *koroziono* habanje. Pošto se u ovom radu ocenjuju dodatni materijali za navarivanje delova izloženih udarnom abrazivnom habanju to će se dalje detaljnije govoriti samo o ovoj vrsti habanja [4, 9].

Abrazivno habanje

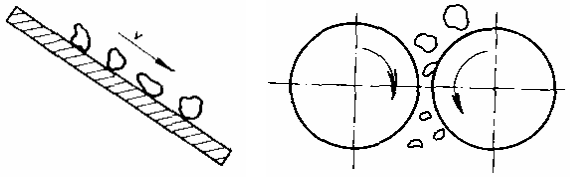
Abrazivno habanje se definiše kao proces površinskog razaranja zbog klizanja tvrdjeg materijala (abraziva) po mekšem što izaziva plastične deformacije i dovodi do mikrorazaranja, najčešće brazdanja-rezanja mekšeg materijala. Prema navodima nekih autora [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9], abrazivno habanje spada medju najrasprostranjenije vrste habanja i na njega otpada približno polovina svih vrsta habanja. Smanjenje abrazivnog habanja može se postići povećanjem tvrdoće metalne površine izložene habanju na više od 30% tvrdoće abraziva. Abrazivnom habanju su u velikoj meri izloženi elementi poljoprivrednih mašina (lopatice bagera, kofice transportnih traka), transportni uredjaji, postrojenja u metalurgiji, delovi železničke opreme (skretnice, pogonski točkovi i dr.), alatne mašine, oprema za peskarenje, radna kola hidrauličnih i gasnih turbina, burgije za bušenje naftnih izvora, itd.

Prema karakteru uzajamne interakcije materijala pri abrazivnom habanju razlikuju se dva osnovna modela. Po prvom, reč je o habanju pri interakciji dva tela, uglavnom čestice i radne površine (sl. 1a). Tipični primer je habanje delova pri gradjevinskoj ili poljoprivrednoj obradi zemlje, vadjenju ruda i sl. Drugi slučaj (sl. 1b) je habanje česticama, koje se nalaze izmedju dve radne površine tako da nastaje interakcija tri tela. U praksi se sa ovakvim rasporedom srećemo u raznim ležištima u koja mogu dospeti spoljašnje čestice, kao npr. pri mlevenju mineralnih i drugih materijala.

Eksperimentalnim istraživanjima [4, 5, 6] ustanovljene su veze izmedju otpornosti na abrazivno habanje i mehaničkih osobina metala. Stoga se na osnovu nominalnih mehaničkih osobina može predvideti ponašanje metala prema habanju, pre svega na osnovu tvrdoće, koja odredjuje otpor protiv plastične deformacije. Dubina prodiranja habajućih čestica direktno je srazmerna površinskoj tvrdoći.

Grafički prikaz zavisnosti relativne otpornosti na abrazivno habanje od tvrdoće (sl. 2) proistekao je kao rezultat brojnih eksperimenata [4]. Iz tog grafika proističe, da izmedju otpornosti na habanje čistih metala pri abrazivnom habanju (ψ) i njihove tvrdoće (H) postoji linearna zavisnost $\psi = b \cdot H$, gde je b- konstanta.

Ispitivanja na habanje termički neobradjenih čelika [4] pokazala su da je zavisnost otpornosti na habanje od tvrdoće linearna. Za termički obradjene čelike ta zavisnost ostaje linearna, s tim što prava $\psi = b \cdot H$ ne prolazi više kroz koordinatni početak. To znači da se izborom postupka termičke obrade, odnosno površinske tvrdoće, mogu postići različite otpornosti na habanje (prava 2, sl. 2). Slično termičkoj obradi deluje i legiranje čelika karbidotvornim elementima.

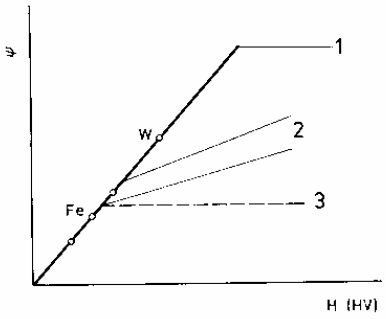


a) b)

Slika 1. *Osnovni modeli abrazivnog habanja a- interakcija dva tela, b- interakcija tri tela*

Deformaciono ojačani čisti metali i čelici dostižu odredjenu otpornost na habanje (sl. 2, prava 3), koja ostaje konstantna, tj. nezavisna od daljeg porasta tvrdoće. Ova se pojava može objasniti time što se pri odvajanju čestice postiže granično ojačanje, koje je materijal pri plastičnoj deformaciji u stanju da ostvari.

Navedeni rezultati odnose se na slučajeve kad je tvrdoća abraziva znatno veća od tvrdoće ispitivanog materijala. Većina autora [4, 5, 6] se slaže u konstataciji da otpornost na abrazivno habanje legura iste tvrdoće može biti različita, zavisno od hemijskog sastava i strukture legure. Stoga, ta otpornost zavisi ne samo od tvrdoće, već i od oblika, veličine i raspodele strukturnih komponenata. Do sada nema jedinstvenog stava o najpovoljnijem tipu strukture sa gledišta otpornosti na abrazivno habanje. Neki autori smatraju za najpovoljniju austenitno-karbidnu strukturu, drugi martenzitno-karbidnu strukturu [4, 5, 6]. Ovi različiti stavovi prizilaze iz raznorodnosti abrazivnog habanja i široke skale stvarnih radnih uslova.



Slika 2. *Zavisnost relativne otpornosti na habanje od tvrdoće 1- čisti metali, 2- termički obradjeni čelici, 3- čelici ojačani na hladno*

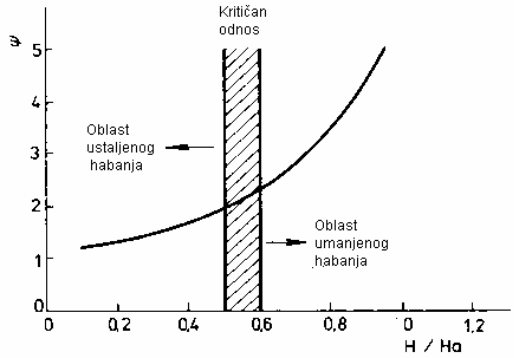
Svaka strukturna komponenta čelika utiče na nivo otpornosti na habanje srazmerno svojoj tvrdoći i relativnom udelu u strukturi. Abrazivno habanje uslovljeno je pre svega mogućnošću utiskivanja abraziva u površinske

slojeve čelika i zatim čvrstinom veze strukturnih komponenata na granicama metalnih zrna. To znači da će zakaljen čelik biti otporniji nego čelik feritno-perlitne strukture. Pri tome, ipak tvrdoća ne može biti jedini kriterijum jer se pokazalo da je čisto martenzitna struktura i pri manjoj tvrdoći otpornija od martenzitno-karbidne strukture. Štaviše, smanjenje količine martenzita na račun zaostalog austenita u martenzitno-karbidnoj strukturi povećava otpornost na habanje bez obzira na pad tvrdoće. Stoga najveću otpornost na habanje ima austenitno-karbidna struktura, a ne martenzitno-karbidna kako bi se to po tvrdoći očekivalo. Suština je u jačoj vezi granica zrna austenit-karbid zbog manje razlike njihovih parametara kristalnih rešetki nego kod kombinacije martenzit-karbid. Drugim rečima, abrazivne čestice mogu lakše da iščupaju karbidne faze iz martenzitne matrice nego iz austenitne osnove [4].

Kod legura gvoždja pokazalo se da je na habanje najmanje otporna feritna faza. Legiranjem ferita ta otpornost raste u skladu sa porastom tvrdoće i njenom uticaju na otpornost prema habanju. Karbidotvorni elementi, pored legiranja matrice obrazuju i specijalne karbide. Prelaz od cementita na specijalne karbide legirajućih elemenata i od jednog specijalnog tipa karbida na drugi bogatiji u atomima metala, dovodi do porasta otpornosti na habanje. Najmanju otpornost na abrazivno habanje imaju čelici čija struktura sadrži cementit tj. ugljenični čelici. Kod legiranih čelika treba računati ne sa apsolutnim sadržajem legirajućih elemenata (M), već sa odnosom M/C, koji karakteriše njihovu raspodelu izmedju faza. Dosadašnja ispitivanja su pokazala da je odnos Cr/C= 1.8-5 i W/C= 0.4-1.6 nekoristan. Nesfrsishodan je i odnos V/C>1. Pri legiranju sa više elemenata istovremeno, optimalni odnos M/C se menja [4, 12]. Nije bitan samo tip stvorenih karbida već i njihov relativan udeo, kao i njihov oblik i veličina. Porastom udela karbida do odredjenog procenta raste otpornost čelika na abrazivno habanje. Optimalan udeo karbida je različit za razne strukture.

Promena eksploatacionih uslova definisanih kao zbir često promenljivih informacija i veličina dovodi do promene intenziteta kao i mehanizma abrazivnog habanja. Ovi se uslovi odnose na osobine abraziva, oblik i veličinu čestica, način povezivanja, specifični pritisak na pohabanim površinama, relativnu brzinu klizanja, dužinu putanje, vlažnost i hemijsku agresivnost radne sredine, i dr.

Oštećenje metala (ogrebotine, risovanje, čupanje čestica) abrazivnim zrnom nastaće ako se zrno abraziva utisne u površinu, i ako se u daljem procesu ne razdvoji. Mogućnost abrazivnog zrna da prodre u materijal zavisi ne samo od tvrdoće, već i od geometrijskog oblika zrna. Tako na primer oštre čestice relativno mekšeg materijala mogu izazvati veća oštećenja nego zaobljene čestice tvrdjeg materijala. Ispitivanjima [4, 5, 6] se došlo do zaključka da se abrazivnost povećava sa porastom dimenzija abrazivnih čestica. Granična dimenzija tih čestica različita je za razne metale. Za čelike dostiže oko 100 μm, a za neželezne metale 120-150 μm. Takodje, kao što je maločas spomenuto, jedna od najvažnijih karakteristika jeste odnos k= H/Ha, gde je H - tvrdoća osnovnog metala, a Ha - tvrdoća abraziva. Otpornost čelika na habanje znatno raste, kad koeficijent k postane veći od 0.5 - 0.6 (sl. 3).



Slika 3. *Odnos izmedju relativne tvrdoće abraziva i habajućeg materijala i relativnog otpora na habanje*

Od ostalih karakteristika vezanih za eksploatacione uslove treba navesti uticaj dužine putanje habanja, specifičnog pritiska, relativne vlažnosti i hemijskih dejstava u radnoj sredini.

4. MATERIJALI OTPORNI NA ABRAZIVNO HABANJE

Pri izboru dodatnih materijala za navarivanje otpornih na abrazivno habanje, kako je malopre ukazano, treba uzeti u obzir dva moguća načina delovanja abraziva. Jedan je *udarno dejstvo abraziva*, a drugi tzv. *dejstvo rasutih materijala.*

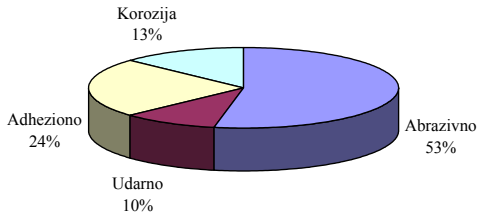
U *prvom slučaju* na mestu kontakta radnih površina i abrazivnih čestica nastaju veliki specifični pritisci, uz lokalnu plastičnu deformaciju radnih površina, pri čemu sile često imaju i udarni karakter (npr. kašike bagera, čeljusti drobilica za kamen i rude, elementi vozila guseničara, skretnice železničkih okretnica i sl.).

U *drugom slučaju* na radne površine deluju rasuti materijali, te na kontaktnim mestima nastaju samo mali specifični pritisci (npr. mašine koje rade u zemljanim i peskovitim terenima, pepelu, koficama za transport pšenice u silosima i sl.).

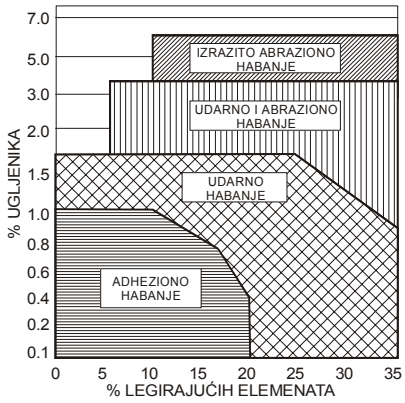
Na udarno abrazivno habanje najotporniji je manganski austenitni čelik, tzv. Hadfieldov čelik, koji sadrži 1.2% C i 13% Mn, ponekad i još 1% Cr (Č 3160) [4, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 16]. Predmeti otporni na abrazivno habanje, izradjeni od manganskog austenitnog čelika ili čeličnog liva (npr. delovi drobilica, gusenice vozila i sl.), repariraju se bazičnom manganskom elektrodom. Navar austenitnih manganskih elektroda nema u početku izrazito veliku tvrdoću već ona raste u toku deformisanja, sve do postizanja maksimalne vrednosti. Potrebna deformacija za hladno ojačanje uglavnom nastaje u toku rada dela, mada je u nekim slučajevima neophodno i iskivanje ohladjenog navara.

Sasvim je drukčiji problem izbora dodatnih materijala namenjenih za navarivanje delova koji rade u uslovima habanja rasutim materijalima. U ovom slučaju upotrebljavaju se niskolegirani čelici poboljšani na visoku jačinu, alatni ledeburitni čelici i odlivci dobijeni odbeljivanjem u školjkama.

Budući da se najveći broj industrijskih delova povlači iz eksploatacije iz razloga habanja i korozije (sl. 4a), konstruisani su odgovarajući dijagrami (sl. 4b) koji olakšavaju izbor legura za navarivanje prema dominantnoj vrsti habanja [8, 9].



a) Udeli različitih vidova habanja



b) Legure za navarivanje

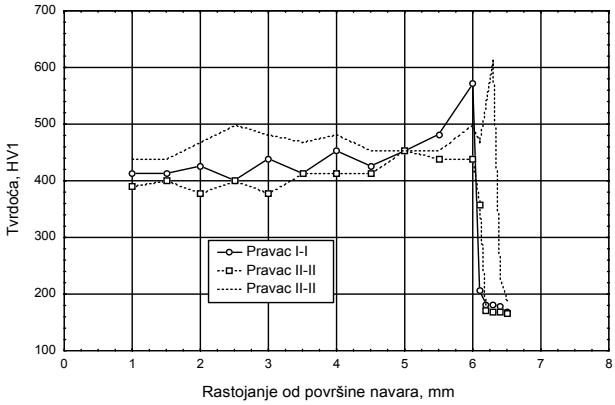
Slika 4. *Izbor dodatnih materijala prema vrsti habanja*

5. EKSPERIMENTALNA PROVERA DODATNIH MATERIJALA OTPORNIH NA ABRAZIVNO HABANJE

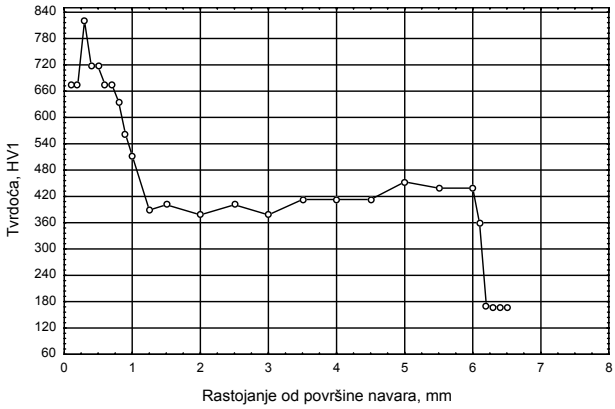
Za delove koji rade u uslovima udarnog habanja, pored gore navedenog čelika (Č3160) koristi se za reparaturno navarivanje i dodatni materijal legiran hromom i niobijumom (1.2% C, 17% Mn, 9.5% Cr i 2.8% Nb), koji ima veći napon tečenja od klasičnog Hadfieldovog čelika [1, 2, 3]. Tvrdoća ovih legura posle navarivanja, prema našim eksperimentalnim ispitivanjima ≈ 378-571 HV1 (sl. 5a), a struktura im je austenitno-karbidna (sl. 6a,b). Posle dejstva lokalnog udarnog opterećenja tvrdoća raste čak do oko 820 HV1 usled transformacije austenita u martenzit u pripovršinskim slojevima (sl. 5b).

Ako se navar izloži dejstvu mirnog pritiska na presi (1500-2000 *daN*) ili udarnom pritisku (iskivanju) može se ustanoviti porast tvrdoće u površinskim slojevima (sl. 5b) i promena mikrostrukture - u strukturi se, pored karbida pojavljuje i martenzit (sl. 6e). I pored izvesnih teškoća pri merenju tvrdoće i očitavanju mikrostrukture, uspeli smo da ustanovimo širinu transformisane zone (oko ≈ 1.0 *mm*) i snimimo transformisanu strukturu (iglice martenzita u austenitnom zrnu) [15]. Ovi podaci mogu biti od posebnog značaja pri primeni pojedinih mašinskih delova u realnim ekspoatacionim uslovima [9].

Abrazivno habanje rasutim materijalima karakteriše se time što su gubici na habanje manji što je tvrdja radna površina. Treba imati u vidu da materijali visoke tvrdoće imaju po pravilu nisku žilavost, što je naročito nepovoljno ako se slučajno dogodi da radni deo trenutno bude izložen udarnom opterećenju, npr. kad mašina za zemljane radove naidje na kamen. Zato je bilo neophodno razviti materijale koji osim visoke tvrdoće i velike jačine imaju i zadovoljavajuću žilavost.



a) Pre deformacije



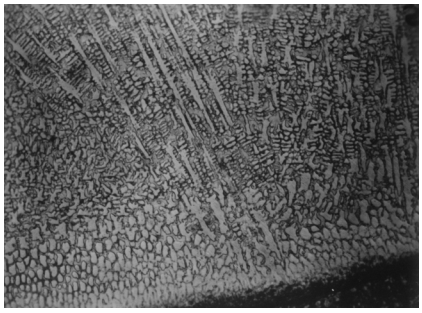
b) Posle deformacije

Slika 5. *Promena tvrdoće navara legiranog Hadfieldovog čelika*

U tom cilju je uveden postupak izrade dvoslojnih (dvometalnih) limova, pri čemu je osnova od mekog niskougljeničnog čeličnog lima lima debljine oko 5 *mm*, a navareni sloj, najčešće od materijala obrazovanog od tvrdih kompleksnih karbida (hroma, niobijuma, molibdena). Visina navara je oko 3 *mm*. Budući da bi se podloga od niskougljeničnog čelika pri nanošenju navara znatno deformisala (izvitoperila), postupak navarivanja se izvodi pod vodom. U ovom radu sprovedena su ispitivanja na CERA METALOVIM[1] dvoslojnim limovima (sl. 7a) [16]. Prema preporukama ovog proizvodjača, prednosti ovih limova ogledaju se u sledećem:

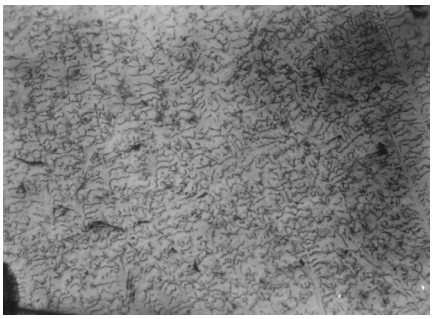
- jednostavna izrada komponenti (cevi, vodova, tunela za transport cementa i dr.),
- lako spajanje zavarivanjem za čelične konstrukcije,
- lako sečenje na zahtevani oblik (sečenje plazmom),
- odlična otpornost na abrazivno habanje (prema abrazionom testu ASTM 665 postojanost je 20 do 30 puta veća u odnosu na standardno korišćene materijale, a u slučaju rada u industriji proizvodnje cementa i do 60 puta),
- dobra otpornost na eroziono habanje (erozioni test po DIN 50332),
- dobra otpornost na koroziju (zahvaljujući povišenom sadržaju hroma),

[1] - Kompanija CERA METAL, Atina, Grčka.

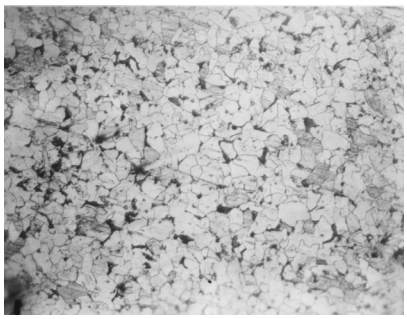


a) Austenitna osnova sa izlučenim karbidima – sloj I

b) Austenitna osnova sa izlučenim karbidima – sloj II



c) Usitnjena struktura ferita i sorbita – ZUT



d) Sitnozrna feritno-perlitna struktura – OM

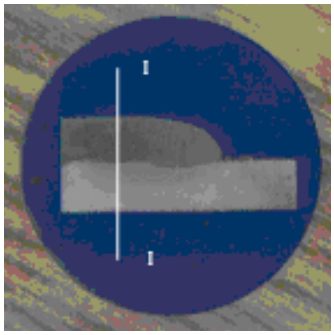
e) Karbidi u martenzitnoj osnovi

Slika 6. *Mikrostruktura pojedinih zona navara (a, b, c, d) Hadfieldovog čelika (OM-Č0561-C= 0.20%, Si= 0.55%, Mn= 1.50%, P=S=0.050%, N= 0.007%; DM-EMn17C10Nb3- 1.2%C, 17.5% Mn, 9.5% Cr, 2.8% Nb-tri prolaza u dva sloja; mikrostruktura pripovršinskih zona posle iskivanja (e)*

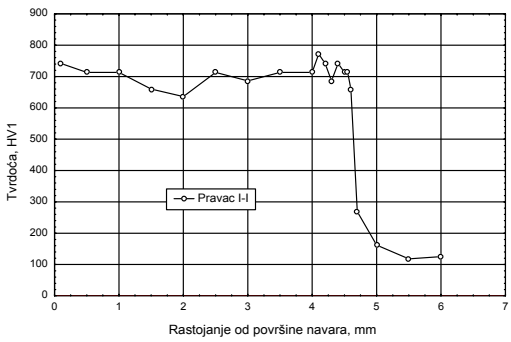
- termo-postojanost na visokim temperaturama (zahvaljujući povećanom udelu kompleksnih karbida),
- veoma mala zona uticaja toplote,
- nizak stepen mešanja navara i podloge,
- veoma visoka koncentracija karbida,
- mogućnost ostvarivanja austenitno-karbidne matrice sa jakom uzajamnom vezom i dr.

Pomenuta kompanija proizvodi dvoslojne limove, trake i podmetače različitih dimenzija u zavisnosti od potrebe kupca [16].

Raspodela tvdoće u dvoslojnom limu prikazana je na slici 7b, a mikrostruktura karakterističnih zona na slici 8.

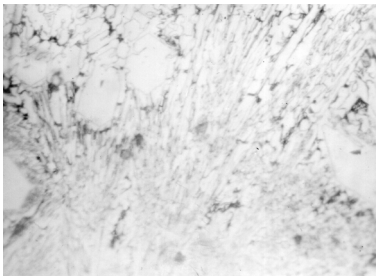


a)

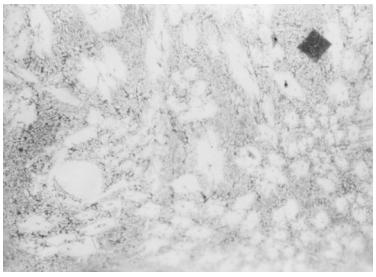


b)

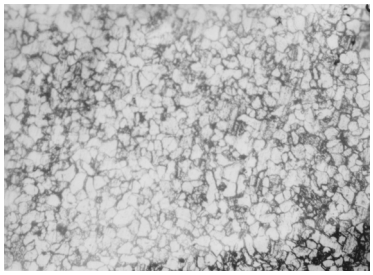
Slika 7. *Izgled dvoslojno navarenog lima (a) i raspodela tvrdoće tvrdog CERA METAL-ovog navara (b)*



a) Martenzit sa izdvojenim kompleksnim karbidima (800×)



b) Martenzit sa izdvojenim kompleksnim karbidima (200×)



c) Sitnozrna feritna struktura sa neznatnim učešćem karbida

Slika 8. *Mikrostruktura navara (a, b) i osnovnog materijala (c) dvoslojno navarenog CERA METAL-ovog lima*

6. ZAKLJUČAK

Iz aspekta otpornosti na habanje objašnjen je fenomen abrazivnog habanja, a posebno analiziran eksperimentalni postupak navarivanja specijalno legiranom manganskom elektrodom. Opitima je pokazano da je dubina površinskog sloja otvrdnutog sukcesivnim transformacijama austenita u martenzit oko 1.0 *mm*. Takodje je ukazano na probleme i primenu dvoslojnih limova otvrdnutih kermetima koji su posebno otporni na abrazivno habanje rasutim materijalima.

Literatura

[1] Lazić, V., Jovanović, M., Nedeljković, B., Ratković, N., Adamović, D., Josifović, D.: *Ocena materijala za navarivanje delova izloženih udarnom abrazivnom habanju*, Yutrib '01, Sedma jugoslovenska konferencija o tribologiji, 11-13 Oktobar 2001, Beograd, Jugoslavija, 7.45-7.49.

[2] Lazić, V., Jovanović, M., Ratković, N., Adamović, D., Vulović, R.: *Procena otpornosti na habanje navarenih slojeva izvedenih manganskom elektrodom*, Tribologija u industriji, god. XXII, br. 3&4, 2002., str. 10-17.

[3] Jovanović, M., Lazić, V., Ratković, N., Adamović, D., Mutavdžić, M.: *Estimate of wear resistance of the hard-faaced layers made by manganese electrode*, 11th International Scietific Conference 17-19. 09. 2003. University of Žilina, Slovak Republic.

[4] Blašković, P., Balla, J., Dzimko, M.: *Tribologia,* Vydavatelstvo, ALFA, Bratislava, 1990.

[5] Ivković, B.: *Osnovi tribologije u industriji prerade metala,* IRO "Gradjevinska knjiga", Beograd, 1983.

[6] Ivković, B., Rac, A.: *Tribologija*, Jugoslovensko društvo za tribologiju**,** Kragujevac, 1995.

[7] Dumović, M.: *Izbor i primena legura za tvrdo navarivanje,* Zavarivanje i zavarene konstrukcije, 42(3), 1997., Beograd, str. 233-236.

[8] The Lincoln Electric: *Cored wires add life to caster rolls,* Welding Journal, 75(6), 5996., pp. 55-57.

[9] Lazić, V.: Optimizacija procesa navarivanja sa aspekta triboloških karakteristika navara i zaostalih napona, doktorska disertacija, Mašinski fakultet, 2001., Kragujevac.

[10] Djordjević, V.: *Mašinski materijali* - prvi deo, Mašinski fakultet, Beograd, 1999.

[11] Beneš, V., Macek, K., Zilvar, V., Zuna, P.: *Nauka o materialu II*, Edični stredisko ČVUT, Praha 6, 1989.

[12] Grupa autora: *Poradnik inżyniera-Spawalnictwo II,* WNT, Warszawa, 1983.

[13] Dzubinski, J., Klimpel, A.: *Napawanie i natryskiwanie cieplne,* Wydawnictwa Naukowo - Techniczne, Warszava, 1985.

[14] Grupa autora: *Encyklopedia techniki – metalurgia,* Wydawnictwo ″Slask″, Katowice, 1978.

[15] Metals Handbook: *Metallography, structures and phase diagrams, ASM*, vol. 8, Metals Park Ohio, USA, 1973.

[16] Katalozi proizvodjača dodatnog i osnovnog materijala: SŽ Fiprom - Slovenija, CERA METAL – Grčka, Lincoln electric – USA, …

SELECTION OF THE OPTIMUM TEHNOLOGY REPARATION OF PARTS SUBJECTED TO WEAR

Abstract - *In this paper are considered the fundamental types of wear of working surfaces of different mechanical parts and devices made of steel, as well as possibility of their reparation by hard facing. Theoretically and experimentally is especially analyzed the mechanism of abrasive wear, taking into account hardness and microstructure. This represents the basic for selection of the most convenient procedure for regeneration of working surfaces. Experimental part of this paper is related to hard facing of special alloys manganese - Hadfield steel and a special alloy onto the low carbon steel.*

Key words: regeneration, surfacing, abrasive wear, manganese - Hadfield steel, hardness, microstructure

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

МОДЕЛИРАЊЕ ПЛАНИРАЊА И ТЕРМИНИРАЊА КОМПЛЕКСНОГ ПРОИЗВОДНОГ АМБИЈЕНТА

Милован М. Илић[1], Јован Д. Ристић[2], Драган И. Темељковски[3]

Абстракт: *Решавање проблема планирања и терминирања пословно производних система мотивисано је значајем ових управљачких процеса, стањем квалитета ремонта шинских возила код нас, реалном растућом потребом за остваривањем све тежих циљева у задатом времену расположивим средствима и чињеницом да нису доступна адекватна решења за имплементацију у реалном окружењу.*

Планирањем се генеришу активности којима се иницијално стање трансформише у циљно. Планирањем се, пре свега, дефинише шта се мора урадити, а терминирањем како (доделити/заузети расположиве ресурсе активностима) и када. Само онај ко даље и прецизније планира и терминира своје процесе може да остварује повећавање профита и удела на тржишту, на основу флексибилности и брзог реаговања на могућности које се појављују на тржишту, ефикасније користи ресурсе потребне за повећање задовољства корисника и повећава лојалност својих корисника.

Проблеми планирања и терминирања (распореда послова) и расподеле времена решавају се независно, применом различитих алата и техника, упркос чињеници да су ове области, у великој мери, сличне. У раду се предлаже модел интеграције ових задатака са циљем да се омогући ефикасније, поузданије и флексибилније планирање и терминирање производних процеса.

У раду су приказане основе модела за подржавање планирања и терминирања који се развија и имплементира у фабрици "Локомотива", а базира на примени хибридног концепта вештачке интелигенције тј. система заснованог на знању и фази-генетског система.

Кључне речи: квалитет, планирање и терминирање производње, шинска вучна возила, вештачка интелигенција.

1. УВОД

Брзе промене у окружењу постављају све теже задатке менаџменту, пре свега захтевају способност да брзо, ефикасно и ефективно реагују на тржишне трендове тј. да остварују све сложеније циљеве у задатом времену расположивим ресурсима, при чему: *ефикасно* подразумева да се реализација циљева одвија уз одговарајуће трошкове, економично и рентабилно; *ефективно* се односи реализацију циљева и критеријума квалитета сагласно плановима уз повећавање задовољства корисника, испуњавањем њихових захтева, и запослених учесника а *расположиви ресурси* су: људски ресурси (са својим знањем и вештинама), инфраструктура (зграде, радни простор и припадајућа опрема; процесна опрема и услуге подршке), репроматеријал, финансије итд.

Планирање је један од основних управљачких, менаџерских процеса а представља комплексан хијерархијски процес постављања циљева, критеријума квалитета, предвиђање латентних ризика, развијања планова, доношења одлука итд. а подразумева се и имплементација планова са праћењем, контролом и евалуацијом реализације посла. У савременим условима пословања недовољна ефикасности традиционалних техника и задивљујући развој рачунарске технике, појачао је интересовање за алтернативне приступе и алате. Савремени приступ решавања оваквих проблема базира, пре свега, на информацијама и знању и већем коришћењу алата из области вештачке интелигенције.

У складу са променама карактера тржишта, које је од *тржишта произвођача* преко *тржишта потрошача* стигло се до *тржишта компетитивности* еволуирала је и концепција менаџмента: од *менаџмента ресурсима* (50-их и 60-их година прошлог века), *менаџмента организацијом* до *менаџмента квалитетом*. Комплексност проблема који савремени менаџер треба да решава, огледа се и у следећем:

- ✓ Менаџер се, у својој пракси, суочава са два типа проблема, односно система: добро структуирани проблеми (*model based* системи) и лоше структуирани проблеми. У првом случају је једноставно направити математички модел и применити га. У другом случају је, због сложености проблема, математички модел тешко или неефикасно направити. За решавање проблема за које не постоји добар математички опис, алгоритамска, потпуно дефинисана

[1] мр Милован М. Илић, дипл. маш. инж., шеф одељења за ИС и квалитет, МИН Холдинг Ко. АД "Локомотива", Шумадијска 1, 18000 Ниш, e-mail: lokomotiva@bankerinter.net

[2] др Јован Д. Ристић, доцент Факултета техничких наука у Косовској Митровици и доцент Факултета заштите на раду у Нишу, Чарнојевићева 10 А, 18000 Ниш, e-mail jristic@ni.ac.yu

[3] др Драган И. Темељковски, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Нишу, Александра Медведева 14, 18000 Ниш, e-mail temelj@masfak.ni.ac.yu

теоријска решења, тј. које није могуће ефикасно решити конвенционалним рачунарским системима, користе се системи вештачке интелигенције.

- ✓ Други важан аспект проблема везан је за информације, на основу којих се доносе одлуке, које су у великој мери несавршене, тј. *неодређене* и/или *расплинуте*. Неодређеност и расплинутост се могу третирати и као непотпуност, мана информација, али су свакако реална каракеристика многих информација. Расплинутост се односи на садржај информације, које имају нејасне, непрецизне границе, а неодређеност на њену истинитост.
- ✓ Постоји, такође, велики број практичних проблема, односно алгоритамских модела чије време рада није ограничено полиномијалном функцијом дименизије проблема n већ функцијом облика нпр. c^n , (c>1), тј. експоненцијални, "лоши" алгоритми, који за довољно велико n не могу да се изврше за разумно време. Дакле, за решавање проблема са бесконачним или превише великим скупом могућих вредности аргумената, за које не знамо брзи (полиномијални) алгоритам, тј. за решавање проблема који нису решиви у полиномијалном времену (нпр. НП-комплетни проблеми - *Nondeterministic Polynomial complete problems*) примењујемо алате из области вештачке интелигенције.

2. ОСНОВЕ ПЛАНИРАЊА И ТЕРМИНИРАЊА ПРОЦЕСА

Процеси планирања (*planning*), терминирања (*scheduling*) и распореда времена (*timetabling*) привлаче пажњу већег броја истраживача због свог практичног значаја и изазовне сложености, а решавају се независно, применом различитих техника упркос чињеници да имају много сличности.

Иако су границе између ових појмова, у литератури, конфузне, недовољно јасне, најчешће се ови процеси третирају строго одвојено али им је, у томе се сви слажу, заједничка висока сложености, то су дакле лоше структуирани, НП-комплетни проблеми где доминирају неодређене и/или расплинуте информације.

Можемо да кажемо да планирање представља генерално решавање проблема. У општем смислу планирање се бави налажењем плана за остваривање постављених циљева, тј. генерисањем низа активности које ће трансформисати иницијално окружење у стање у коме су постављени циљеви задовољени. При томе активности плана морају да задовоље неке услове нпр. услове приоритета. У току планирања користе се релативна времена, дакле без детаљног одређивања када активности морају бити извршене итд., а ресурси се експлицитно не користе.

Класично терминирање се бави прецизним расподелом ресурса на активности у времену уз поштовање приоритета, трајања, потребних капацитета и ограничења итд. Улаз у процес терминирања су потребне активности, расположиви и потребни ресурси и спецификација ограничења, а излаз се састоји од тачне расподеле у времену ресурса на активности.

Проблем распореда времена је врста проблема у коме одређени догађаји (предавања, вежбе, доласци и одласци на транспортним станицама: аутобуским, железничким, на аеродрумима итд.) треба да буду распоређени у одређени број временских интервала, а да задовоље постављене критеријуме, ограничења (нпр.: редослед коришћење просторија; два догађаја не могу да деле исти временски интервал) и циљеве. Резултат распореда времена је нпр.: ред вожње, распоред часова; програм разних скупова; распоред полагања испита, радио/ТВ програма итд.

Проблем распореда времена изгледа као комплетно издвојена област, међутим, можемо да га посматрамо као специјалан случај терминирања. Главна разлика између терминирања (распореда послова) и распореда времена је што код распореда времена ретко постоје директне везе између активности, највећи број веза је изражен преко ресурса (нпр. две активности не могу бити распоређене у један временски период).

3. ИНТЕГРАЛНИ ПРИСТУП ПРОЦЕСИМА ПЛАНИРАЊА И ТЕРМИНИРАЊА

Планирање и терминирање производних система баве се проналажењем низа активности за постизање постављених циљева и заузимањем расположивих ресурса тим активностима. Главна разлика је у резолуцији плана. Док се планирање производних система бави проналажењем грубих планова, за дужи период времена, где се активности додељују секторима/одељењима итд., терминирање производних система се бави проналажењем детаљних термин планова за индивидуалне машине, за краћи период времена. Ово се обично назива планирање /терминирање у времену са ресурсним ограничењима (*resource constrained scheduling*), како би се разликовало од других проблема планирања.

Са ове тачке гледишта терминирање се може посматрати као планирање високе резолуције краћег временског периода. Ове сличност планирања и терминирања производних система разлог су да применимо хибридни приступ применљив на обе области.

3.1. Модел процеса планирања и терминирања

Модел базира на процесној и системској организацији производних система, што значи да је производни систем део (подсистем) неког већег система, а и сам се састоји од делова (подсистема) и може да се представи као серија повезаних улаза и излаза, односно серија активности којима се захтеви корисника трансформишу у производ. Смисао процеса је да опишу како да се ресурс репроматеријал трансформише у ресурс производ, а да у том поступку буду потрошени други ресурси репроматеријали, енергија, заузимани капацитети машина, алати, ангажовани запослени итд., тј. смисао процеса је у модификацији/заузимању ресурса.

Модел је дефинисан са 3 кључна параметра: време, активности (операције), ресурси. Временске карактеристике су имплицитно садржане у опису активности и ресурса. План се ради за више послова, а

послови се састоје од више активности. Такође се дефинишу ограничења и циљеви.

Активности обично зависе једна од друге, тј. груписане су у посао (*job*), који описује релације између активности, тј. релације приоритета, нпр. да прва активност мора бити завршена пре почетка друге активности итд. При томе, разликујемо појам низа (*sequence*) и распореда (*scheduling*). Низ представља редослед активности, док распоред настаје специфицирањем времена почетка и завршетка сваке активности.

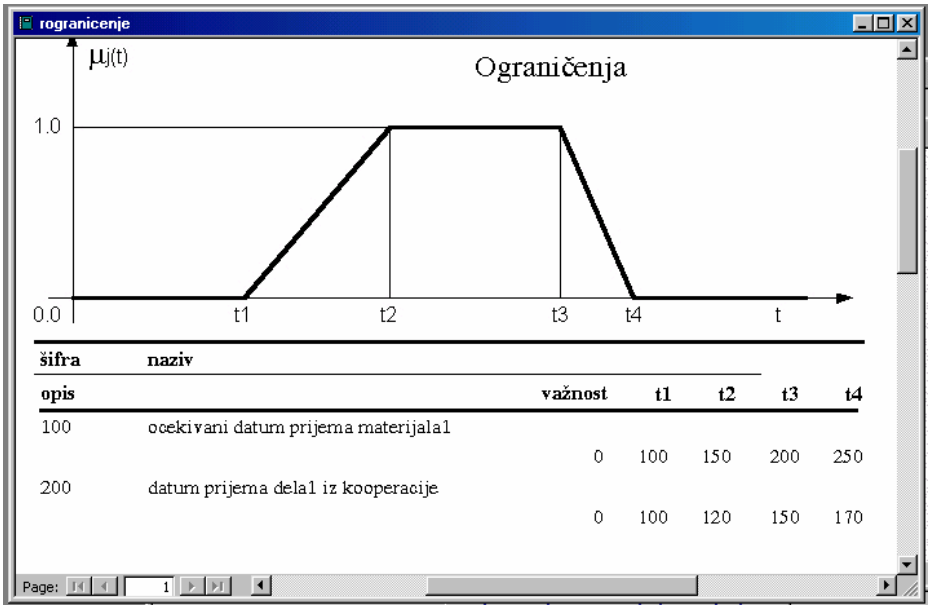
Извршење активности/операције захтева коришћење одређеног капацитета уз одређено трајање, тј. време извршења (*processing time*) активности. Ако је коришћени/заузети капацитет машина тај се проблем назива проблемом распореда послова на машине (*machine scheduling problem*).

У литератури се наводе бројне класификације ових проблема нпр.: на основу врсте производног система на више типова, од којих су главна два: *flow-shop* проблеми и *job-shop* проблеми. Код *flow-shop* проблема редослед употребе машина за сваки посао је исти, док код *job-shop* проблема тај редослед код различитих послова може бити различит. На основу времена приспећа послова можемо да разликујемо статичко и динамично терминирање послова; такође се разликује детерминистичко и стохастичко терминирање.

Атрибути активности су:
- назив
- трајање
- потребни ресурси
- претходник/следбеник
- преклапање
- цена

Атрибути ресурса су:
- назив
- тип (реверзибилни/обновљиви, нереверзибилни)
- иницијални капацитет
- цена
- расположивост (моделирана је као расплинута променљива).

Ограничења морају бити задовољена према додељеном фактору важности (тј. могу бити мака и тврда) а показују *изводљивост плана*, а циљеви могу бити задовољени према додељеној важности и указују на *оптималност плана*. Ограничења и циљеви су моделирани као расплинуте промењиве чија је функција припадности представљена трапезним расплинутим бројем, сл. 1.



šifra	naziv					
opis		važnost	t1	t2	t3	t4
100	ocekivani datum prijema materijala1					
		0	100	150	200	250
200	datum prijema dela1 iz kooperacije					
		0	100	120	150	170

Page: 1

Слика 1. Дефинисање лингвистичке променљивие ограничења

Атрибути плана су:
- назив
- датум почетка реализације плана
- датум израде плана и аутор
- ограничења
- циљеви
- карактеристике процеса (почетак и трајање радног дана, ефективно радно време (%) итд.)
- послови

Модел интегралног планирања и терминирања у производном систему приказан је на сл. 2.

Бројна софтверска решења за подршку планирања и терминирања производних система расположива су већ дуго времена, али се код нас врло ретко примењују. Између осталог, и због тога што захтевају велике промене, прилагођавања пословног система концепту софтверског решења, такође се захтевају велике и бројне базе података, нпр.: о испоручиоцима, плановима производње, стању расположивог капацитета итд., веома су скупа а подржавају, применом различитих алата и техника, или само процес планирања или само процес терминирања.

У раду се предлаже модел који интегрише ове задатаке а базира на примени хибридног концепта вештачке интелигенције тј. система заснованог на знању и фази-генетског система.

За генерисање активности послова дефинисањих маркетинг планом, евидентирање кључних циљева и ограничења плана, нпр.: приоритети послова или да почетак активности зависи од рокова пријема

одређених делова и/или опреме од испоручилаца итд. одлучили смо да укључимо базу знања, односно мали, ефикасни експертни систем, зато што је ово област која је највише зависна од људског знања а ово је најлакши начин да се знање стручњака из домена имплементира у програмско окружење. Експертни систем, дакле, чува, пре свега, знање о међусобним зависностима. Услови у бази знања ограничавају избор појединих варијанти приликом генерисања могућих предлога планова и елиминишу неодговарајуће. Тако се сужава избор аутоматски генерисаних планова на оне реалне. Извештаји који генерише експертни систем приказан је на сл. 3 и сл. 4.

За терминирање изабраних активности примењујемо хибридни фази генетски систем, кога ћемо овде кратко (без тумачења фази концепта и концепта генетских алгоритама) да скицирамо.

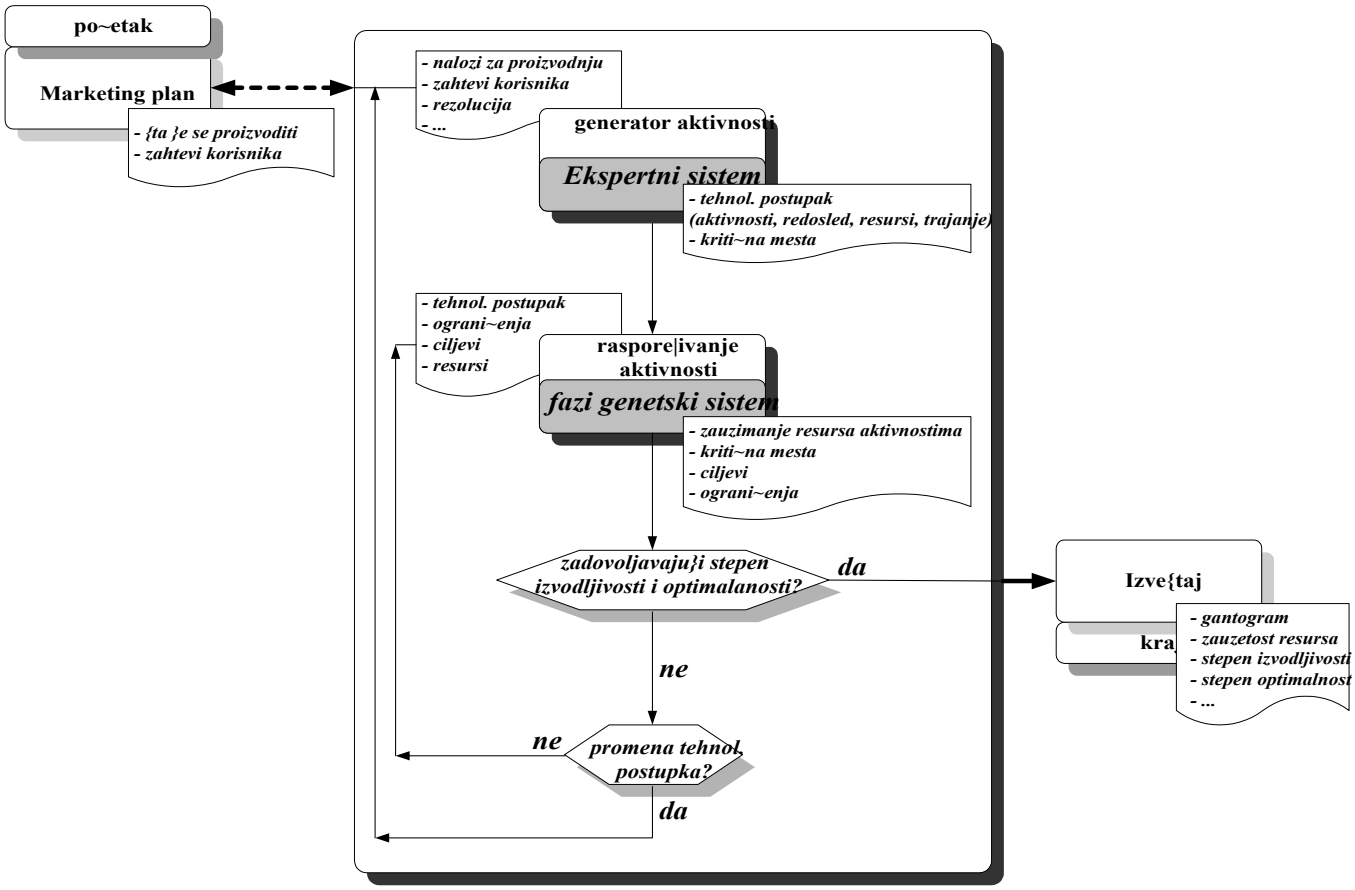
Репрезентација би требала да буде минималан и довољан опис решења проблема (термин план - гантограм), тако да простор претраживања не буде већи него што је потребно а представљена је низом који се састоји од релативних времена застоја (губитака) активности од свог претходника:

tg^1 tg^2 tg^3 ... tg^i

Задатак је одређивање релативних времена застоја и-те операције tg^i тако да се добије задовољавајући степен изводљивости и оптималности редоследа активности.

Циљеви, ограничења и ресурси су моделирани као расплинуте промењиве.

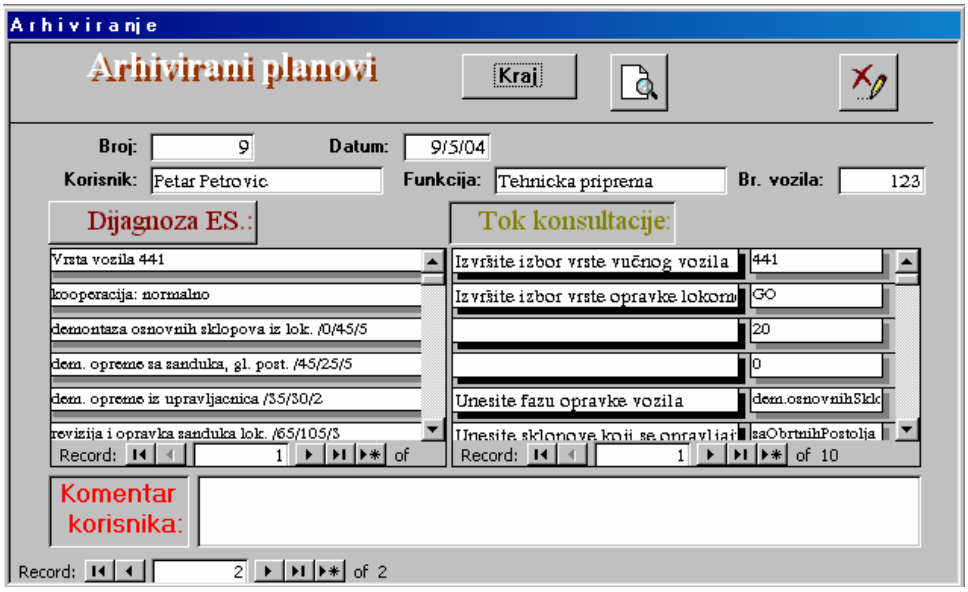
Механизам функционисања генетских алгоритама је поступак који имитира природни еволуцијски процес, тако што, после генерисања иницијалне популације, циклично врши селекцију прилагођенијих, бољих индивидуа које учествују у репродукцији, све док се не задовољи услов завршетка еволуцијског процеса. Сврха селекције је чување и преношење добрих својстава, тј. доброг генетског материјала на следећу генерацију индивидуа а у нашем моделу се врши фази приступом. Репродукција креира нове индивидуе помоћу генетских оператора укрштања и мутације. Укрштање преноси својства родитеља на потомство, децу, а мутација на случајан начин мења својства индивидуа.



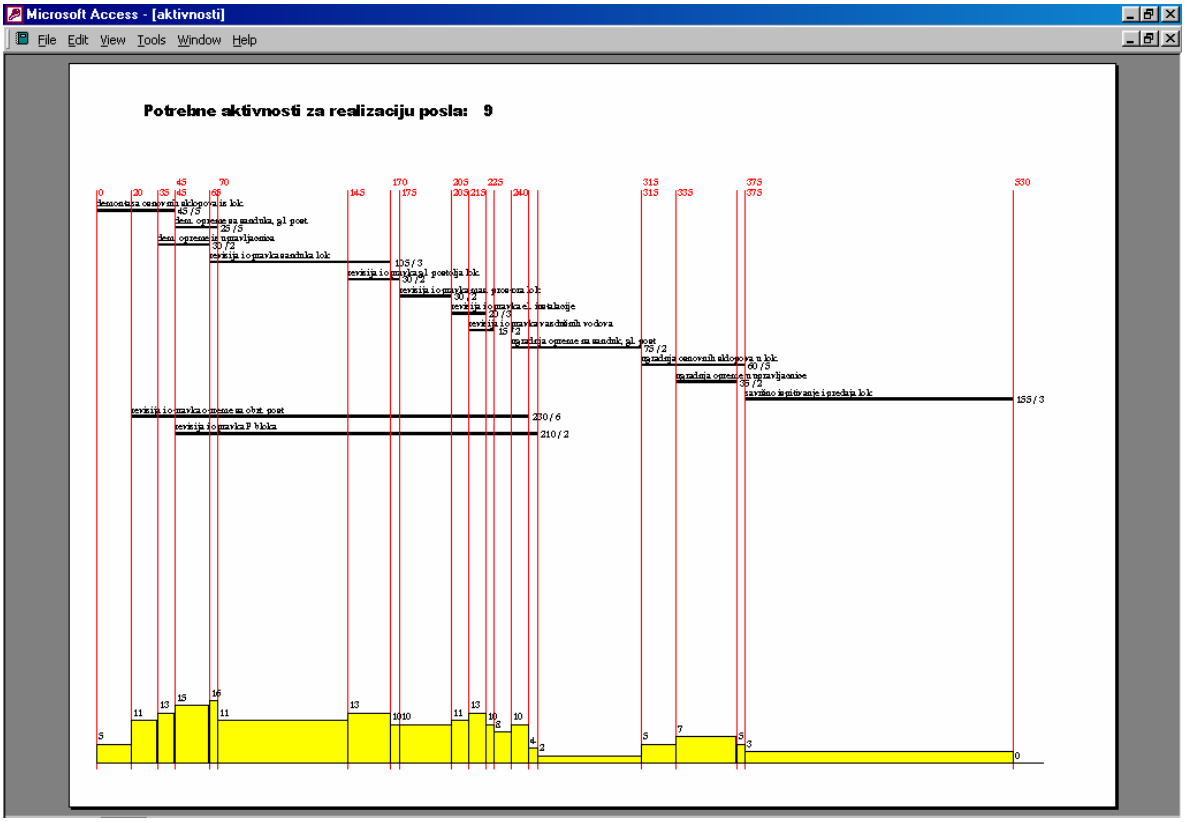
Слика 2. Модел интегралног планирања и терминирања производних система

4. ЗАКЉУЧАК

Процеси планирања, терминирања и распореда времена привлаче пажњу већег броја истраживача због свог практичног значаја и изазовне сложености, а решавају се независно, применом различитих техника упркос чињеници да имају много сличности. Ово су проблеми високе сложености, то су лоше структуирани, НП-комплетни проблеми где доминирају неодређене и/или расплинуте информације, зато се предлаже интегрални модел који базира на примени хибридног концепта вештачке интелигенције тј. система заснованог на знању и фази-генетског система.



Слика 3. Извештај експертног система



Слика 4. Извештај експертног система

Предложени модел омогућава:

- ✓ интергални приступ решавања проблема планирања и терминирања производних система;
- ✓ израду планова разних резолуцијама;
- ✓ постављање кључних ограничења и циљева плана;
- ✓ предвиђање потенцијалних ризика и тешкоћа и утврђивање одговарајућих превентивних и/или корективних мера;
- ✓ анализу, симулацију, различитих варијанти ограничења и других релевантних параматара;
- ✓ брз и ефикасан реинжењеринг планова различитих резолуција (евентуално укључивање / искључивање испоручилаца (кооперената / добављача), алтернативних технолошких варијанти итд,);
- ✓ моделирање и коришћење непрецизних и/или непоузданих информација.
- ✓ Предложени модел се, пре свега, односи на производне системе, међутим, могућа је примена у многим областима. Послови и капацитети могу да представљају нпр.: пацијенте и болничку опрему, разреде и

професоре, возове и машиновође, програме и рачунаре, градове и трговачког путника итд.

ЛИТЕРАТУРА

[1] A. Eiben: "Evolutionary algorithms and constraint satisfaction: Definitions, survey, methodology, and research directions", In L. Kallel, B. Naudts, and A. Rogers, editors, Theoretical Aspects of Evolutionary Computing, Natural Computing series, pages 13-58. Springer, 2001., http://www.cs.vu.nl/~gusz/papers/CSP-EC-Eiben.ps

[2] CIM College д.о.о "Информациони систем ОПИСус", издање на ЦД-у, 2001.

[3] D. Whitley: "A Genetic Algorithm Tutorial", Computer Science Department, Colorado State University, Technical Report SC-93-103, 1993.

[4] F. Herrera, M. Lozano, J. Verdegay: "Applying Genetic Algorithms in Fuzzy Optimization Problems", Fuzzy Systems & A.I. Reports and Letters 3, 1 (1994), 39-52, 1994.

[5] F. Herrera, M. Lozano: "Fuzzy Genetic Algorithms: Issues and Models", TIC Report DECSAI-98116, Dept. of Computer Science and AI, University of Granada, 1998.

[6] F. Zhang, Y. Zhang, A. Nee: "Using Genetic Algorithms in Process Planning for Job Shop Machining", IEEE Transactions on Evolutionary Computation, vol. 1. No. 4, 1997.

[7] H- L. Fang, P. Ross, D. Corne: "A Promising genetic Algorithm Approach to Job-Shop Scheduling, Rescheduling, and Open-Shop Scheduling Problems", Proceedings of the Fifth International Conference on Genetic Algorithms, S. Forrest (ed.), 375-382, San Mateo: Morgan Kaufmann, 1993.

[8] H-L. Fang: "Genetic Algorithms in Timetabling and Scheduling", PhD thesis, Department of Artificial Intelligence University of Edinburgh, 1994.

[9] M. Jensen: "Robust and Flexibile Scheduling with Evolutionary Computation", PhD thesis, Department of Computer Science, University of Aarhus, Denmark, 2001.

[10] M. Wall: "A Genetic Algorithm for Resource-Constrained Scheduling", PhD thesis, Department of Mechanical Engineering at the Massachusetts Institute of Technology, 1996.

[11] М. Илић, Д.Темељковски, П. Милосављевић, Б. Јовановић: "Analysis of vital subsystems of technical system maintenace", JOAP international condition monitoring conference, Mobile, Alabama, 1998.

[12] М. Илић: " Експертни системи у одржавању шинских возила", YUMO, зборник радова, 513-518, Крагујевац, 1998.

[13] М. Илић: "Неке могућности примене алата за интелигентно претраживање база података у одржавању вучних шинских возила", ЈУЖЕЛ, 6th international scientific conference of railway experts, 315-318, Врњачка Бања, 1999.

[14] М. Илић: "Приказ алата за интелигентно филтрирање база података са применом у одржавању вучних шинских возила", IX научно-стручни симпозијум "Техника железничких возила 2000", зборник радова, 195-200, Ниш, 2000.

[15] М. Илић: "Генетски алгоритами у одржавању шинских возила", X Југословенска конференција "Железничко машинство", зборник радова, 117-122, Ниш, 2002.

[16] P. Husbands: "Genetic Algorithms for Sheduling", http://www.cogs.susx.ac.uk/projects /game/ papers/ aisb. ecsi.ps

[17] S. Hartmann: "A Competitive Genetic Algorithm for Resource-Constrained Project Scheduling", Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre, No. 451, Universitu of Kiel, Germany, 1997.

[18] Yager R.R. and Kacprzyk J. eds., The order weighted averaging operators: Theory, Methodology, and Applications, Kluwer Academic Publisher, Boston, 1997.

[19] Zadeh A. L., Fuzzy sets, Information Control, 8: 338-353, 1965.

[20] Z. Michalewicz: "Genetic Algorithms + Data Structures = Evolutionary Programs", SpringerVelag, Al Series, 1992, New York.

MODELLING FOR PLANNING AND SCHEDULING PROBLEMS FOR COMPLEX PRODUCTION ENVIRONMENT

Milovan M. Ili}, Jovan D. Ristić, Dragan I. Temeljkovski

Abstrakt: *Solving of the planning and scheduling production systems problems is analysing becuse of an importance of this control processes, quality state for overhauling of railway vehicles, with real increasing demand for achieving difficult goals in proposed time with available resource and the fact that appropriate software solutions of implementation in real enviroment are not accessible.*

By planning we generate tasks, with initial state transforming in objective state. By planning, first of all, we define what has to do, and by scheduling how and when. Only one who makes better and precise plans and schedules processes can make a profit and market share, based on flexibility and fast reacting on opportunities on market, can more effeciently use resources for increasing customer satisfaction and can increase loyalty of customers.

Problems ofthe planning and scheduling as well as timetabling are solved an indenpendently with diferent tools and technics, although these fields are very similary in large scale. In this paper we suggest integration these tasks, intending to produce effecient, certain and flexibile planning and scheduling for these processes.

In this paper it is presented a basics of added planning and scheduling for production that is developed and implemented in factory "Lokomotiva", based on application hybrid concept of artificial intelligence i.e. knowledge based system and fuzzy genetic system.

Key words: quality, planning and scheduling for production, tractive railway vehicles, artificial intelligence

XI ŽELKON '04 RAILCON '04 2004

ПРИЛОГ РЕШАВАЊУ ПОВЕЋАЊА ЕФИКАСНОСТИ ПРЕВОЗА У СРПСКИМ ЖЕЛЕЗНИЦАМА

Јован Д. Ристић [1], Милован М. Илић [2], Драган И. Темељковски [3]

Резиме – У овом раду залажемо се за изградњу информационог система Српске железнице који омогућује далеко ефикасније искоришћење постојећег возног парка. Сличан систем не постоји ни у једној земљи региона, па би изградњом ефикасног система стекли изгледе да потребном опремом снадбевамо регион.

Кључне речи – Информациони систем, ефикасност пословања, позиција вагона, Српске железнице.

1. УВОД

Вишегодишње бављење аутора проблемима информационих система и то нарочито на Српским железницама нагони их да напишу један овакав рад. Више од 80 % прихода СЖ потиче од превоза робе, док је превоз путника и остале услуге тек мањи део прихода.

При томе се суочавамо са катастрофалном неефикасношћу искоришћавања вагона. Често иду празни вагони или стоје док се на оближњој ранжирној станици вапи за њима. Због ниског степена искоришћења појединих вагона потребан је знатно већи број њих, па их често и за високу цену изнајмљујемо из иностранства.

У циљу превазилажења оваквог стања потребно је пројектовати и реализовати информациони систем о којем је у овом раду реч. Потребно је обезбедити да вагон буде идентификован приликом проласка поред контролне тачке. Ово се може обезбедити на више начина, а коначно опредељење за одређени начин проистекло би као плод једне мултидисциплинарне студије. У овом раду се нећемо више бавити могућим начинима за обезбеђење једнозначне идентификације вагона, сматраћемо да је то обезбеђено. Под контролном тачком подразумевамо одређено место на прузи и одређену електронску опрему која је у стању да идентификује сваки пролазак вагона или локомотиве и препозна једнозначно идентификациони број вагона.

Повезивањем контролних тачака у јединствен систем изградио би се информациони систем врло високих перформанси.

2. ПОВЕЗИВАЊЕ НА ПРИНЦИПУ ОСТРВА – ДИСТРИБУЦИОНИ ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМ

Постављење и повезивање контролних пунктова требало би почети од ранжирних станица и колосека на њима и постепено их ширити. Информације које иду од локалног центра ка вишем центру су добрим делом одрађене тако да мала количина података носи квалитетну информацију. Наравно, за овако нешто потребно је оспособити локалне центре.

Комуникационе линије које већ постоје на СЖ могу се искористити за повезивање контролних тачака са локалним центрима, као и локалних центара са вишим центрима. Важно је нагласити да ове линије нису високог квалитета (релативно мале брзине), па је због тога веома важно да мала количина података носи квалитетну информацију.

Дистриубирани информациони систем за који се залажемо (Слика 1.) пружа максимум код односа перформанса/цена, омогућује постепено увођење централизације и преузимањем примарне обраде на локални центар омогућује коришћење постојећих комуникационих линија.

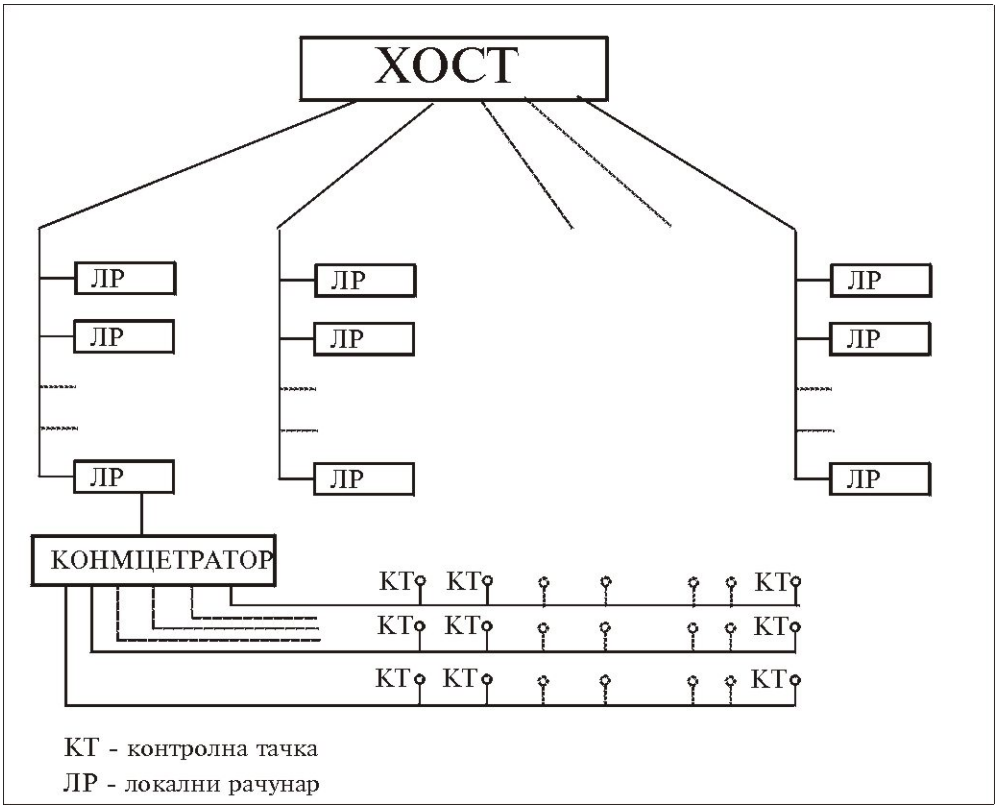
Обзиром да наше искуство у другим областима, постоји опасност да код изградње и локалних центара свако крене неким својим специфичним путем и тако, ако не спречи, а оно бар отежа повезивање у јединствен систем на СЖ.

Како у овом тренутку сличан систем не постоји ни у једној земљи региона треба реаговати брзо и квалитетно и са крајњим циљем да се овакав систем понуди региону.

[1] др Јован Д. Ристић, доцент Факултета техничких наука у Косовској Митровици, доцент Факултета заштите на раду, Чарнојевићева 10 А, 18000 Ниш, e-mail jristic@ni.ac.yu.

[2] мр Милован М. Илић, директор информационог система и маркетинга, А.Д. ЛОКОМОТИВА, Шумадијска 1, 18000 Ниш, e-mail lokomotiva@bankerinter.net.

[3] др Драган И. Темељковски, редовни професор Машинског факултета у Нишу, Александра Медведева 14, 18000 Ниш, e-mail temelj@masfak.ni.ac.yu.



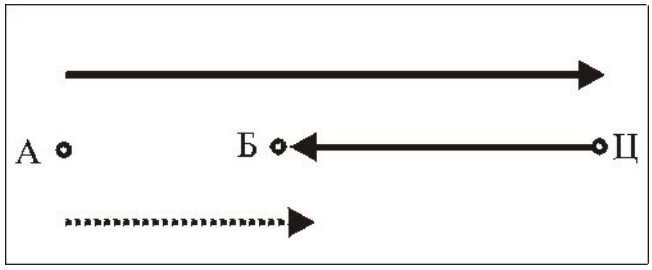
Слика 1 Дистрибуирани информациони систем омогућује поступну изградњу и висок степен поузданости.

3. ШТА СЕ МОЖЕ ОЧЕКИВАТИ ОД ПРЕДЛОЖЕНОГ ИНФОРМАЦИОНОГ РЕШЕЊА

Основна предпоставка оваквог информационог система је да се тачно зна позиција сваког вагона, онолико тачно колика је густина контролних пунктова. Сем позиције вагона у систему СЖ, битне одлике вагона би такође биле уграђене у његов идентификациони број (власник, носивост, врста терета за који је намењен, број осовина и слично). Приликом опремања вагона на пут, његовом идентификационом броју придружују се остали важни параметри као што је: одредиште, место утовара, ранжирна станица у којој ће бити откачен из постојеће композиције и којој композицији треба да буде прикључен, предвиђено време истовара робе, очекивано време када ће вагон бити поново расположив и слично.

Овако гомилање података свакако није само по себи циљ и мора да оправда уложени труд и средства конкретним економским ефектима. Расположив вагон би најефикаснијим путем упућен на нови утовар. Овде се под најефикаснијим путем не подразумева најкраћи пут већ најефикаснији. Празан вагон из тачке А неће ићи празан до тачке Б на утовар већ ће пренети робу до тачке Ц и другу робу из тачке Ц до тачке Б (Слика 2.)

Овакав информациони систем знатно би допринео агилности свих учесника у превозу робе (цена превоза у Србији и Црној Гори иначе учествује са недопустиво великим процентом у цени робе) увођењем изнајмљивања вагона по принципу тона по километру и по дану. СЖ би била веома заинтересована да вагон на време стигне на одредиште, а корисник услуга да благовремено истовари или утовари вагон. Свако закашњење би имало своју цену, што би коначно резултирало ефикаснијим коришћењем вагона. Сем тога, грешка код формирања композиције, било да је неки вагон погрешно прикачен или откачен, може се констатовати још на ранжирној станици и одмах отклонити.



Слика 2 Уместо празног хода вагона од тачке А до тачке Б ефикасније је да вагон стигне преко тачке Ц, али пун.

4. КО ЈЕ ЗАИНТЕРЕСОВАН ЗА ОВАКАВ ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМ

Изградња информационог система о којем је реч од интереса је за већи број субјеката нашег друштва и овде ћемо укратко изнети неке од тих интереса.

СЖ моћи ће да послује далеко ефикасније и тиме избегне злу судбину да све чешће буде заобилажена како у међународном тако и домаћем превозу робе.

Домаћи универзитети и институти би понудом оваквог информационог система свакако обогатио своју понуду и постао још успешнији на светском тржишту.

Интерес целог друштва је свакако вишеструк. Ефикаснији железнички саобраћај свакако би смањио проценат учешћа транспортних трошкова у цени робе (сада енормно велики), а шансе за извоз производа рачунарске технике би постале реалније.

5. ЗАКЉУЧАК

Величина и значај пројекта не би смели да учине пасивним цео круг заинтересованих, обзиром да сигурно располажемо потребним знањем, недовољно ангажованим кадровима и знатним делом потребне опреме. Овај рад има за циљ да мобилише све оне који у реализацији оваквог пројекта виде свој интерес.

ЛИТЕРАТУРА

[1] D.W. Davis, D.L.A. Barber, W. Price, C.M. Solomonides: "Računarske mreže i protokoli", Prevod sa engleskog, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 1986.

[2] Ј.Д. Ристић: "Управљање датотекама у систему за обухватање података базираном на микропроцесору ЦОСМАЦ ЦДП 1802". XXVIII Југословенска конференција ЕТАН-а, стр. 501-506, Сплит, 1984.

[3] Р. Петровић, Ј.Д. Ристић: "Симултани приступ преко РС 232Ц интерфејса од стране два независна микрорачунарска система", XI босанскохерцеговачки симпозијум из информатике, цтр. 111-1 до 111-10, Јахорина, 1987.

[4] T. DeMarco: "Structured Analysis and System Thinking". Englewood Cliffs, N.J. Prentice Hall Inc, 1979.

[5] Weinberg, M. Geraid "Structured analysis and system specification", New York, John Wiley – Sons, 1975.

CONTRIBUTION TO INCREASING THE EFFICIENCY OF TRANSPORT IN SERBIAN RAILROADS

Jovan D. Ristić, Milovan M. Ilić, Dragan I. Temeljkovski

Abstract – *In this paper, we propose building the information system of Serbian railroad which enables much more efficient exploitation of the existing fleet. There is no similar system in any of the region's countries, so that building an efficient system would give us an opportunity to supply the region with required equipment.*

Key Words - Information system, business efficiency, car position, Serbian railroads

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

PROJEKAT RADIONICE ZA REGENERACIJU DELOVA ŽELEZNIČKIH VOZILA METALIZACIJOM

Danilo Paunović[1], Dr Radisav Vukadinović[2]

***Rezime**: Tehnološki razvoj železnice i uvođenje novih modernijih i savremenijih vidova vučnih i vučenih sredstava uslovili su bitnu promenu dosadašnjeg klasičnog (zanatskog) održavanja voznih sredstava u eksploataciji, uvođenje savremenog industrijskog remonta i savremenije praćenje rada voznih sredstava u eksploataciji na efikasnom, ekonomskom principu.*

Ključne reči: održavanje voznih sredstava, eksploatacija i regeneracija delova

1. UVOD

Dosadašnji zanatski način održavanja voznih sredstava zamenom istrošenih delova isključivo novim iziskivao je velika novčana sredstva. Novi način održavanja voznih sredstava predviđa i mogućnost regeneracije istrošenih delova i njihovu ponovnu ugradnju, što znatno smanjuje troškove održavanja. Što se tiče veka trajanja tih delova pri eksploataciji nakon regeneracije, skoro da nema nikakvih razlika u odnosu na ugradnju novog dela.

U zavisnosti od karakteristika samog dela, materijala od kojeg je izrađen, njegove funkcije i naprezanja tokom eksploatacije, određuje se koji deo železničkog vozila će da se regeneriše i kojim metodom.

Pri analizi uslova rada jednog dela u sklopu vozila dolazi se do podataka o veličini habanja radnih površina i veku trajanja i odlučuje o potrebi zamene novim delom ili njegovoj regeneraciji.

Izbor delova vozila pogodnih za regeneraciju primenom postupka metalizacije zavisi od niza povezanih faktora tehničko – ekonomske prirode:

- materijala od kojeg je deo izrađen,
- primene termičke obrade, vrste finoće mehaničke obrade radnih površina,
- veličine dela (gabaritne mere),
- funkcije dela u sklopu vozila,
- vrste i veličine naprezanja u toku eksploatacije,
- veličine istrošenosti radnih površina,
- cene regeneracije istrošenog dela i dr.

Za uvođenje novog vida regeneracije delova železničkih vozila primenom metalizacije potrebno je izgraditi i odgovarajuću radionicu sa svim neophodnim uslovima i pratećom opremom za kvalitetno obavljanje procesa metalizacije.

Radionica za metalizaciju mora biti projektovana i izrađena u sklopu mehaničke radionice, a sve preostale pomoćne operacije mogu da se izvode na mestu procesa izrade.

Prateći objekti kao što su magacini i ostala skladišta, kao i prostorije za opravku opreme, moguće je smestiti u neposrednu blizinu radionice.

Projekat radionice, kao i instalacija neophodnih za njen pravilan rad zahtevaju da se uzmu u obzir:

1. raspored prostorija (razmatrano kao posebna odeljenja u radionici)
2. raspored i postavljanje mašina i uređaja
3. smeštanje mreže za komprimovani vazduh s odeljenjem kompresora, rezervoarima i prečistačima
4. izgradnja mreže sisajuže instalacije za:
5. radno mesto metalizacije i
6. kabine za peskarenje
7. mreža ventilacije iklimatizacije (nezavisno do opšte mreže za zagrevanje)
8. mreža dovoda električne energije za uređaje (posebno mreža za osvetljenje)
9. mreža vodovoda i kanalizacije
10. smeštanje radnih mesta za metalizaciju
11. smeštanje radnog mesta za peskarenje
12. transpotrni uređaji za unutrašnji transport
13. vrste pištolja za metalizaciju i oprema
14. snabdevanje gasom i kiseonikom
15. sanitarni uređaji i garderoba
16. ambulanta prve pomoći
17. protivpožarna oprema.

2. PROSTORIJE RADIONICE ZA MODERNIZACIJU

Radionica za metalizaciju zahteva: halu za metalizaciju »A«, odeljenje za peskarenje »M«, magacin »L«, odeljenje kompresora »E«, bravarsku radionicu »F« i garderobe, tuševe i toalete.

2.1. Hala za metalizaciju »A«

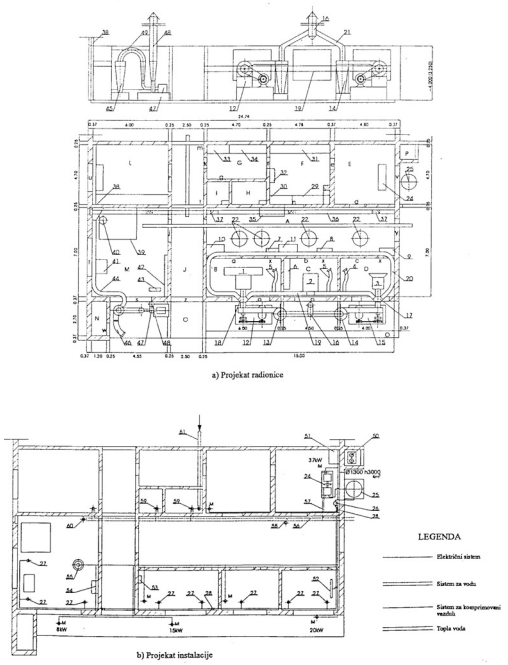
Projektnom je predviđena hala »A«, veličine 15x7 m sa tri kabine »B«, »C« i »D«. Veličina prostorija i broj radnih mesta uslovaljavaju veličinu radionice (sl.1) zaposleni u ovako projektovanoj radionici koje bi opsluživali tri radna mesta za metalizaciju i peskarenje:

rukovodilac	1
metalizator	3
pomoćnik	3
mašinbravar	1
pomoćni radnik	2
Ukupno	10

[1] Danilo Paunović dipl. maš. inž., Njegoševa 45, 11000 Beograd
[2] Dr Radisav Vukadinović, van. prof., Mašinski fakultet Niš, A. Medvedeva 14, 18000 Niš

3. SISTEM VENTILACIJE

Ventilacija je neizbežna u radionicama za metalizaciju. Instalacija ventilacije pretežno je stabilan uređaj velike zapremine, koji troši velike količine električne energije.



Слика 1

3.1. Opšti principi ventilacije

Glavni principi ventilacije pri metalizaciji jesu:

1. Neizostavna primena:
   a) ekshaustora, koji obuhvataju prostor koji je u blizini predmeta za metalizaciju
   b) opšte ventilacije prostorija koje su vezane sa klima uređajem.
2. Povratna cirkulacija vazduha radi izbegavanja gubitaka toplote koju nije moguće održati s obzirom na teškoće prečišćavanja vazduha od metala i izgoretina koje nastaju pri radu pištoljem. Ponekad je hvatanje zagađenog vazduha česticama materijala blizu mesta rada vrlo otežano s obzirom na to da mora da bude dobar prelaz do predmeta koji se metalizuje i pištolja kojim se radi. Zagađenost koja iziskuje primenu opšte ventilacije svake radionice zavisi od nekoliko činilaca. Veća zagađenost iziskuje veće provetravanje, zagrejanost i vlažnost vazduha. Količina vazduha koja mora da se usisa dosta je velika, oko 4.000m3/h po stajalištu. Zbog toga je tokom zime hlađenje radnog mesta znatno, što zahteva ugradnju dodatnih uređaja za zagrevanje.
3. Stajališta za metalizaciju moraju da budu postavljena u posebne odeljke, tj. manje kabine, a ne u jednu veliku halu. Zahvaljujući tome izbegava se zagađivanje svih prostorija i postiže se bolja hermetičnost radnog mesta.
4. Uređaj za izvlačenje morao bi da bude dosta dubok i da ima levke za sprovod nečistog vazduha, kao i mogućnost hvatanja odbijenih čestica metala koje imaju veliku brzinu. Levkasti sprovod uveliko smanjuje gubitke koji su nastali promenom brzine. Ovakav uređaj ima preoštru promenu preseka.
5. Neophodno isisavanje težih metalnih delova i lakih gasova komplikuje sisajući sistem i njegov pregled.
6. U sistemu odmah iza isisivača potrebno je postaviti dodatni nepokretni prečistač za odstranjivanje teških metalnih čestica (krajevi žice). Zadnji zid isisivača treba da ima mogućnost skidanja u celini radi lakšeg čišćenja.
7. Kao glavni prečistač moguće je primeniti ciklon. Postoje pokušaji da se za prečišćavanje upotrebe mokri prečistači.
8. Za dobar rad sistema za ventilaciju potrebno je paziti na isisivače, nepokretne prečistače, ventilator i ciklon. Dobra strana ovog sistema jeste veća sposobnost, prosta konstrukcija radnog ciklona s potisne strane ventilatora. Bojaznost da će se potrošiti lopatice ventilatora i njigovi delovi je nepotrebna pošto čestice metala imaju okrugao oblik i ojedanje sprovodnih cevi i ventilatora, koje bi nastalo kao posledica udara čestica metala, neznatno je.
9. Preporučuje se primena centralnog ventilatora za provetravanje srednjeg kapaciteta. Ako se želi opšti sistem ventilacije, on može da se izvede kao zajednički sistem – kolektorski ili individualni za svako radno mesto. U zavisnosti od veličine prostorije i postavljenog radnog mesta, moguće je primeniti mešani sistem u kojem su neka radna mesta vezana idividualnim ventilatorom ili nekoliko njih zajedničkim ventilatorom.

3.2. Ventilacija isisavanjem

Ventilacija isisavanjem kod metalizacije naprskivanjem deli se na:

plitko isisavanje,
- duboko isisavanje
- specijalno isisavanje
- hermetičke kabine

Na slici 2 prikazana je oprema uređaja za isisavanje.

1. Plitko isisavanje

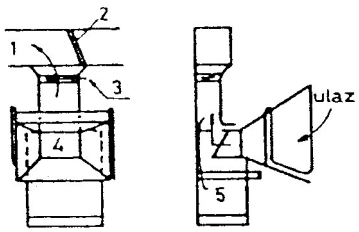
Veoma često metaliziraju se osovinice na strugu. U tom slučaju isisivač se pričvrsti nasuprog strugu, a moguće je da se giba uzduž saonice struga. Vod je sproveden teleskopski.

Provodnici ne moraju da imaju isuvišemali prečnik. Nedostatak ovog sistema jeste laka zaprljanost i zapušivanje teleskopa.

Bolji je isisivač sa šetajućim odvodnim levkom. U tom slučaju ulaz se pomiče po luku s veoma velikiim poluprečnikom

Kod strugova koji nisu previše dugi dobro su došli ležeći isisivači.

Ovakav isisivač služi za ventilaciju malih ili srednjih strugova. Širina ulaza iznosi oko 1m. Nezavisno od toga, čitava školjka usisivača može da bude nagnuta na stranu za oko 200, što povećava oblast delatnosti.



Slika 2 – Stalni isisivač za zajednički sistem: 1) ventilatorski provod; 2) klapne; 3)zasuni; 4) ulazni otvor i 5) filter

2. Duboko isisavanje

Duboki isisivači rade mnogo efikasnije pošto zahvataju celi protok, pa nema rasprostiranja prašine i gasova. U sisaču ovog tipa predmet za metalizaciju postavljen je potpuno u udubljenju – levku, a pištolj je na "pragu" – ivici levka sisača.

3. Hermetičke kabine

Pri metalizaciji metalima čije su pare ili same čestice rasturene u vazduhu i izazivaju nesigurnost po zdravlje metalizacija mora da se obavlja u hermetičkim kabinama s jakim isisivačima.

Radnici koji rade u tim kabinama nisu zaštićeni od velike ventilacije – promaje i moraju da budu snabdeveni specijalnim maskama i odgovarajućim odelom.

Na osnovu ispitivanja nastali su tehnički uslovi za projektovanje ventilacije:

1. brzina vazduha na radnom mestu i otvorena kabina (1,5m/s),
2. brzina vazduha na ulazu kod plitkog isisavanja (3,0m/s),
3. brzina vazduha u otvorima ruke u kabini za peskarenje (1,5m/s)

Date tačke 1 i 2 odnose se nametalizaciju gasnim pištoljem. Pri metalizaciji električnim pištoljem brzine, pa i izdaci moradu da budu nešto veći:

brzina vazduha na radnom mestu u otvoru kabine (duboko isisavanje 2,0m/s),

brzina vazduha na ulazu kod pritkog isisavanja (4,0m/s)

U datom idejnom projektupredviđena su tri nezavisna sistema:

1. glavni sistem zaisisavanje
2. sistem isisavanja za peskarnice,
3. sistem provetravanja i klimatizacije.

U tabeli 3 date su norme izmene vazduha u kabinama za metalizaciju.

Tabela 3. Norme višestruke izmene vazduha u kabinama za metalizaciju

Zapremina kabine u m^3	Broj izmene na h	Min.izdatak m^3/h
Do 1 m^3	2.400	-
1,1 -2,0	1.500	2.400
2,1 – 5,0	900	3.500
5,1 – 10,0	600	6.000
Iznad 20,0	420	10.800

3.3. Glavni sistem za isisavanje

Za izradu isisivača i provodnika najviše odgovara lim debljine 0,75 mm jer se lako savija. Može da bude crni ili pocinkovani. Sadašnji propisi pri izradi provodnika jesu da brzina u njima ne sme da bude veća od 20m/s zbog smanjenja buke.

Najbolje je da prečnik glavnog provodnika bude oko 540mm radi lakšeg savijanja iz jednog komada – table pleha (obim 18m). Otpor provoda u ventilacionoj instalaciji u radionici za metalizaciju, zajedno sa isisivačem – filterom, jeste 150-200 mm vodenog stuba. On zavisi od dužine i krivina.

Linija isisavanja postavljena je duž hale »A« s unutrašnje strane, sa zadatkom da isisava zagađeni vazduh sa tri radna mesta – 1, 2, 3 pomoću gibljivih provodnika 4 i 5.

Odmah iza ventilatora /12/Q=10.000 m3/h s motorom od 15kW i /15/ s motorm od 20kW nalaze se razvodna kolena /17 i 18/ za bočne kanale, kojih ima tri. Ovi vodovi snabdeveni su klapnama za pritvaranje.

Ventilator isisava vazduh iz pomenutih cevi voda. Klapne imaju mogućnost uključivanja:

- desnog voda
- levog voda
- samog radnog msta metalizacije.

Ovakva razvodna kolena sa minimalnim gubicima omogućavaju primenu navedenih linija i zamenjuju primenu navedenih linija i zamenjuju se uzajamno za oba ventilatora /12 i 15/. Takođe omogućavaju da se oba ventilatora koriste samo za jedno radno mesto.

Ventilacija pojedinih radnim mesta, osim normalnog izvlačenja sisanje preko savitljivih provodnika koji mogu biti spojeni i sa drugim ventilatorom.

Prednost ovakvih sistema jeste u tome što delatnost sisanja može biti dovoljno regulisana. Ciklon koji se primenjuje ima hermetički rezervoar s natpritiskom.

Odžak /16/ za vodu za isisavanje s radnog mesta metalizacije mora da ima dobru vezu sa svim spojevima s dovodnim vodovima, da dobro odvodi kišnicu i snežnicu. Slivanje vode u unutrašnjost ciklona nije odzvoljeno pošto se opiljci metala, pogotovo čelični, cementiraju.

Ventilator za isisavanje ovog tipa srednjeg je prečnika i ne mora bit postavljen na osi zajedničkoj s motorom. Ovo zavisi od toga koliko mesta opslužuje u tom sisajuem sistemu. U pogledu dimezioniranja fundamenta ovakva odvojenost je čak ugodnija. Kod manjih isisavanja moguće je postaviti i sisajući zidni ventilator, da bi se on postavio potrebno je obezbediti prostor za postavljanje njegovog motora, što u celosti povećava dimenzije. Pri postavljanju motora uporedo s ventilatorom veličina mesta reguliše sa zajedničkim ramom. Pri čemu postavljanje motora mora biti takvo da postoji mogućnost natezanja klinastih kaiševa, kao i laka izmena motora i promena broja obrtaja bez skidanja natezne remenice.

Ventilatore treba postaviti dosta visoko, a svaki usisivač mora biti snabdeven svojim prečistačem smeštenim u zidu, što svakako povlači za sobom obaveznu promenu pravca strujanja i otežava ga.

3.4. Sisajući sistem za peskarnicu

Za prostoriju u kojoj se peskari i za samu kabinu za peskarenje predviđa se gornje sisanje. Za peskarenje se obično koristi elektrokorund, čija lomljena zrna padaju naniže, a isisavanje ima zadatak da ukloni nastalu prašinu. Osim toga, u unutrašnjosti kabine za peskarenje obično se stvara natpritisak koji ne dozvoljava da uđe prašina spolja.

Na provodnicima, isto kao i na isisivajućim provodnicima u odeljenju metalizacije moraju postojati kontrolni otvori kroz koje je moguće čišćenje provodnika od prašine. Čestice koje se usisavaju male su tako da nije potreban ulazni prečistač, ali mora biti uključen ciklon. Opšta konstrukcija ciklona mora se odlikovati većom nepropustljivošću.

Kod ovog sistema isisavanja ventilator se postavlja niže jer su limeni cevovodi vezani odozgo i idu prema dole. Broj okretanja kola ventilatora veoma je veliki, a brzina strujanja u provodnicima ne prelazi 20m/s. Radi toga ulazna cev ciklona do lučnog dela ima konusni prelaz u ulaznom kolenu ventilatora, a otvor za ventilator prolazi kroz difuzor do dimnjaka.

3.5. Sistem za provetravanje i klimatizaciju

Ovaj sistem ima skupocenu instalaciju jer mora da propusti 50-70% isisanog vazduha i nezavisno do toda da izjednači gubitak toplote (u zimskim mesecima). Tokom zime zagrejavanje toplim vazduhom mora da bude većeg intenziteta.

Ukupno isisavanje iz radionice iznosi oko 20.000m3/h. Za vreme zime potrebna količina toplote u provetravajućem vazduhu iznosi oko 209.340-418.680 kJ/h (50.000-100.000 kcal/h).

Potrošnja električne energije u projektovanoj radionici iznosi:

- kompresor 37kW
- ventilator 15kW
- ventilator 8 kW
- ventilator 20kW
- ekeltropištolj 5kW
- aparat za varenje 3 kW
- ostalo 10kW

Svega 98 kW

4. VODA I KANALIZACIJA

U radionici za metalizaciju glavni potrošač vode jeste kompresor. Ova potrošnja iznosi oko 50 (10-3m3)/min. Nakon prolaska kroz kompresor, voda se odvodi u kanalizaciju.

Osim što se troši za hlađenje kompresora, voda se troši i za umivanje, tuševe i toalet. Treba pretpostaviti da će jednočasovna potrošnja vode iznositi oko 100 (10-3m3)/min, ne računajući hidrante. Smatra se da bi dnevna potrošnja vode u jednoj ovakvoj radionici bila oko 50 m3.

5. TRANSPORT

Unutrašnji transport u radionici za metalizaciju obuhvata:

- dostavu i otpremu boca s kiseonikom i acetilenom, kao i transport predmeta za metalizaciju i s nje. U okviru metalizacije nalazi se protivkoroziona zaštita raznih sudova pod pritiskom i cisterni, te je potrebno predvideti mogućnost transporta i većih delova, kao i delova koji su teški 2-3 t;
- obezbeđenje prilaza do zgrade, a pogotovu dobrog prilaza do spoljnih vrata "y" i "z" radi bezbednosti.

Ukoliko se predviđa transport većih - težih predmeta, obavezno treba ugraditi portalnu dizalicu na strani na kojoj se naleze vrata "z".

U unutrašnjem transportu mogu da se koriste:

- vagoneti za prevoz boca
- vagoneti nosivosti do jedne tone,
- monorej staze nosivosti do dve t.

U idejnom projektu predviđene su dve monorej dizalice s ručnim pogonom. Obe linije transporta su proste i ne iziskuju velike troškove. Linija I-I ide do kabine za peskarenje po dužini hale za metalizaciju »A«. Šina monoreja prolazi i kroz vrata "y" tako da ju je moguće koristiti i za utovar kamiona.

Linija II-II prolazi kroz mehaničku radionicu do preseka s linijom I-I. Dodir tih linija daje mogućnost transporta s pretovarom sa tri različita mesta: iz odeljenja peskarnice, s mesta metalizacije i mehaničke radionice.

6. OPIS RADIONICE

Slika 1a prikazuje plan prostorija radionice za metalizaciju sa uređajima i instalacijom za provetravanje.

Slika 1b prikazuje plan instalacija.

Prostorije:

A - hala za metalizaciju
B - kabina sa strugom
C - kabina s ormanom zametalizaciju
D - hermetička kabina za metalizaciju
E - odeljenje kompresora
F - bravarska radionica
G - garderova
H - tuševi
I - toalet
J - unutrašnji hodnik
K - izolovani hodnik
L - magacin
M - peskarnica
N - magacin za boce
O - plato-delimično popločan 400m2
P - transformator

Uređaji:

1. - radno mesto zametalizaciju snabdeveno jednim strugom i eventualno dizalicom (konzolom)
2. - kabina za metalizaciju
3. - usisivač u hermetičkoj kabini
4,5. - elastični usisivač – sprovodnik,
6 - priručni sto,
7, 8, 9 – mesta zapostavljanje flaša s kiseonikom i acetilenom s otvorima prema unutrašnjosti kabina
10, 11 – transformatorska mesta s razvodnim tablama za elektropištolje
12 - ventilator Q=10.000m3/h, s motorom od 15kW
13, 14 – ciklon jednokanalni – potisni
15 - centilator Q=10.000m3/h, s motorom od 20 kW
16 - dimovuk (odžak)
17, 18 - razvodno koleno
19 - potisna instalacija za ventilaciju
20 - delimična (reonska) sisajuća instalacija za ventilaciju,
21 - vodovi za dimovuk (odžak)
22 - četiri stalka za žicu
23 - mreža za komprimovani vazduh (puna linija)
24 - kompresor
25 - rezervoar za vazduh sa sigurnosnim ventilom

26 - filtar za odvodnjavanje vode i ulja
27 - osam linijskih filtara za ulje
28 - četiri razvodne slavine
29 - pisaći sto
30 - radni sto (klupa)
31 - ormani
32 - precizni strug
33 - orman prve pomoći
34 - ormani za odelo
35 - protivpožarna oprema
36 - vod vazduha za provetravanje
37 - otvori za vazduh
38 - glavni vod za klimatizaijhu
39 - kabina zapeskarenje
40 - aparat za pskarenje
41 - mala kabina za peskarenje
42 - bravarska klupa
43 - mašina za glačanje (brusilica)
44 - sisajući vod za peskarnicu
45 - usisni ciklon dvokanalni
46 - spoljni sisajući vod za peskarnicu – pokretan
47 - ventilator Q=4500m3/, s motorom od 8 kW
48 - dimovuk
49 - lučni provodnik

Otvori:
a – veća pokretna vrata osigurana
b,c – srednja pokrtna vrata
d - hermetička vrata kompresorskog odeljenja
e - izolovana (tapacirana) vrata u zidu za izolaicju zvuka,
f,g,h - normalna vrata
w - mala unutrašnja vrata
z,y – unutrašnja vrata visoka
i,j,k.l,m – hermetička visoka vrata
n – unutrašnji prozor
o, p,r- prozor s betonskim ili gvozdenim improvizovanim ramom
s,t,u,v – normalni prozori
x-prozori za dostup redukcionim ventilima

Mreža električne energije (isprekidana linija):
50 - transformator od 150kVA
51 - razvodna tabla
52 - prekidači ventilatora 15
53 - prekidači ventilatora 12
54 - prekidači ventilatora 47 i aparata za varenje
55- aparat za varenje 3kW

Mreža vodovoda i kanalizacije (linija –crta-tačka-crta):
56 - glavni kolektor za vodu i kanalizaciju
57 - dovod i odvod hladne vode
58 - umivaonici u zali za metalizuacijhu
59- tuševi i toalet
60 - umivaonik u pekarnici
61 - dovod tople vode

7. METALIZACIJA OBAVLJENA NA VOZILIMA JŽ

Prema do sada postignutim rezultatima raznih železničkih uprava i grupe UIC-ORE34, čiji je član i naša železnička uprava, do danas je obaljena metalizacija na više delova vozila iz eksploatacije na mreži JŽ:

1. putnička i teretna kola
2. parne lokomotive
3. dizelelektrične lomootive serije 641,
4. dizelelektrične lomootive serije 643
5. dizelelektrične lomootive serije 661
6. dizel lomotiva serije 731
7. dizel motorni voz »Ganc« serije 811
8. motorno vozilo "šinobus" serije 812.

8. ZAKLJUČAK

Železnička vozila su u toku eksploatacije izložena velikim opterećenjima i intenzivnom habanju vitalnih sastavnih delova i sklopova.

Dosadašnja praksa regeneracije takvih delova vršena je tehnologijom elektrolučnog navarivanja i naknadnom obradom na propisane mere.

Savremeniji vid održavanja železničkih vozila sprovodi se kroz regeneraciju njihovih vitalnih delova i sklopova postupkom metalizacije.

Za primenu takvog postupka potrebno je projektovati i izgraditi posebnu radionicu i opremiti je odgovarajućom opremom.

Ovim projektom je to predviđeno.

LITERATURA

[1] Priručnik metalizacije naprskivanjem, Varšava, 1959,
[2] Metallisation les reparation par rechragement au pistolet matalliseur, Paris, 1959,
[3] Regeneracija delova metalizacijom, Železnički institut »Kirilo Savić«, Beograd 1968
[4] Danilo Paunović, »Regeneracija delova železničkih vozila metalizacijom«, železnice, br. 5, 6, 7 i 8/1992.
[5] Tehnologija metalizacije rukavca osovina na kolima, Želvoz, Beograd, 1995.

DESING OF A WORKSHOP FOR RENEWAL OF RAILWAY VEHICLE PARTS BY METALIZATION

Danilo Paunović, BSc, Radisav Vukadinović

The technological development of railways and introduction of new, mor modern and up-to-date models of traction and trailer stock resulted in a substantial change of the slassical method of rollintg stock maintenance, the inrtoduction of industrial overhaul and modernized monitoring of rolling stock in operation on an efficient economic principle.

Key words: rolling stock maintenance, operation and renewal of parts

XI ŽELKON '04
RAILCON '04 2004

UMREŽENI MATERIJALI NA BAZI BLENDI HLOROSULFONOVANOG POLIETILENSKOG KAUČUKA U INDUSTRIJI ŠINSKIH VOZILA

Gordana Marković[1] , Žarko Ćirić [1] , Blaga Radovanović[2]

***Rezime**: Kombinacija gume i metala je široko rasprostranjeno konstruktivno rešenje ogibljenja mašina, vozila i postrojenja. U industriji šinskih vozila u toku eksploatacije amortizera, odbojnika, elastičnih ležajeva, najvažniji činilac kvaliteta nije samo jačina adhezije umreženog materijala na bazi kaučuka sa metalom, već i postojanost istog na uticaje hemijskih agenasa (baza, kiselina, ulja, organskih rastvarača). U tom smislu u ovom radu je ispitivan uticaj tipa i udela elastomera, polihloroprenskog (CR) i butadien- akrilonitrilnog kaučuka (NBR) u smeši sa hlorosulfonovanim polietilenskim kaučukom (CSM) na vrednosti mehaničkih svojstava pre i posle ubrzanog starenja: a) u toplom vazduhu u toku 72 časa na 70 ^{0}C; b) 50%-tnom rastvoru hlorovodonične kiseline u toku 72 časa na 25 ^{0}C; c) u rastvoru izooktan: toluol (50:50) u toku 72 časa na 25 ^{0}C. Rezultati su pokazali da najpovoljnije vrednosti mehaničkih svojstava (tvrdoća, modul 200 i 300 %, prekidna jačina, prekidno izduženje, sila cepanja, zaostala deformacija pri konstantnom sabijanju), najmanje promena posle ubrzanog starenja u ispitivanim sredinama, i najveće vrednosti jačine adhezije za metal daju umreženi materijali na bazi NBR/CSM i CR/CSM blendi kaučuka pri odnosu 50:50. Iste blende primenjuju se pri izradi odbojnika (šinska vozila), koji su izloženi uticaju pomenutih agenasa.*

Ključne reči: elastomerne smeše, odbojnici, jačina adhezije, guma-metal spoj

1. UVOD

Mešavine kaučuka su poslednjih godina postale sve značajnije, naročito kada do izražaja dolazi sinergistički efekat pojedinih ili svih osobina dobijenih blendova. Umreženi materijal na bazi butadien-akrilonitrilnog kaučuka (NBR) ima odličnu otpornost na ulje i visoke temperature. Polihloroprenski kaučuk (CR), ima dobru otpornost na oksidativno starenje i zapaljivost. Zateev i Zvonkova našli su odličnu otpornost na ozon blendi na bazi NBR/EPDM kaučuka. NBR/PVC blende kaučuka poseduju odličnu otpornost na bubrenje i ozon (1-3).

Umreženi materijali na bazi blendi hlorsulfonovanog poletilenskog kaučuka (CSM) sa poliizoprenskim kaučukom (NR) (NR/CSM), poseduju izuzetnu otpornost na atmosferske uticaje (2). CSM/PE blende kaučuka imaju izuzetnu otpornost na habanje (4).

Hlorsulfonovani polietilenski kaučuk tipa Hypalon 40S, pokazuje izuzetnu kompatibilnost sa NBR i CR kaučukom (4). Iz tog razloga u radu je ispitivan uticaj tipa i masenog udela NBR i CR kaučuka u blendama sa CSM kaučukom na jačinu veze sa metalom i mehanička svojstva umreženih materijala na bazi blendi CSM/NBR i CSM/CR kaučuka pre i posle ubrzanog starenja u toplom vazduhu u toku 72 časa na 70 ^{0}C; u 50%-tnom rastvoru hlorovodonične kiseline u toku 72 časa na 25 ^{0}C; u rastvoru izooktan: toluol (50:50) u toku 72 časa na 25 ^{0}C. Blende sa najboljim mehaničkim svojstvima i najmanjom promenom vrednosti istih primeniće se za izradu odbojnika železničkih vozila.

2. EKSPERIMENTALNI DEO

Pri ovim ispitivanjima su korišćeni: Hlorsulfonovani polietilenski kaučuk (CSM), tipa *Hypalon 40S, Du Pont , USA*; Butadien-akrilonitrilni kaučuk (NBR), tipa *Europren N 3345, Enichem ,Italija*; Polihloroprenski kaučuk (CR), tipa *Baypren 110, Bayer, Nemačka*; vezivna sredstva tipa Chemosil 211 i Chemosil 220, *Henkel, Nemačka*; 50% Hlorovodonična kiselina, *Jugoslavija*; rastvor izooktan: toluola (50:50) .

Smeše su pripremljene na laboratorijskom dvovaljku dimenzija 160x400mm sa brzinom valjaka n_1/n_2=28/22 o/min, frikcijom f=1,23 pri temperaturi valjaka 313K. Vreme umešavanja je oko 20 minuta. Umrežavanje smeša je vršeno u električnoj presi, na temperaturi od 430K i pritisku od 19,6MPa pri optimalnom vremenu umrežavanja (t_{c90}) koje je određeno sa reometarskih kriva.

U kontrolno-razvojnoj laboratoriji fabrike "Tigar"- Pirot, izvršena su sledeća ispitivanja:

Ispitivanje tvrdoće

Određivanje zateznih svojstava

Ubrzano starenje eksperimentalnih uzoraka

Određivanje parametara mreže metodom bubrenja

Mehanička svojstva su određena prema odgovarajućim standardima:

statička mehanička ispitivanja , zatezna svojstva (JUS. G.S2.127);

ispitivanje tvrdoće (JUS.G.S2.125);

ispitivanje trajne deformacije sabijanjem na određenu

[1] mr Gordana Marković, Tigar-tehnička guma, Nikole Pašića 213 , 18 300 Pirot, e-mail:gmarkov@tigar.com
[1] Žarko Ćirić, dipl.maš.ing Tigar-tehnička guma, Nikole Pašića 213 , 18 300 Pirot, e-mail:zciric@tigar.com
[2] dr Blaga Radovanović, Prirodno matematički fakultet Niš, Višegradska 18000 Niš, blaga_radovanovic@yahoo.co.uk

visinu (JUS. G.S2.130);

ispitivanje svojstava smeša nakon veštačkog starenja u toplom vazduhu (JUS. G.S2.124)

Otpornost umreženog materijala prema tečnostima (JUS. G.S2.129)

Jačina guma-metal veze na odvajanje i smicanje rađena je prema ASTM D 429, postupak A i B.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Recepturni sastav umreženih materijala na bazi CSM/NBR i CSM/CR blendi kaučuka dat je u tabeli 1.

Tabela 1. Sastav blendi na bazi CSM/NBR i CSM/CR blendi kaučuka

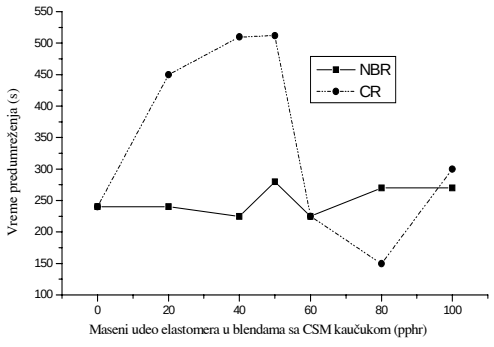
Komponente	1	2	3	4	5	6	7
CSM*	100	80	60	50	40	20	/
NBR**	/	20	40	50	60	80	100
CR***	/	20	40	50	60	80	100

*Sastav smeše na bazi CSM kaučuka (pphr): Stearin 2, N-772 30, Tephil naphtene PO 100 10, MgO 4, TMTD 2, S 1 ;

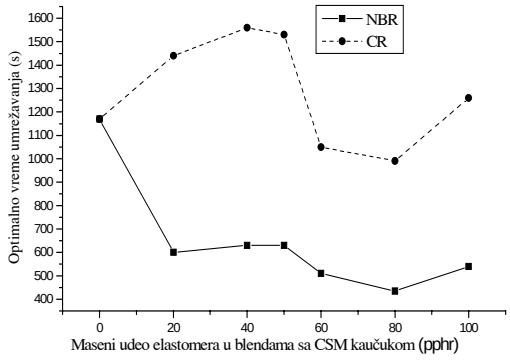
**Sastav smeše na bazi CR kaučuka (pphr): ZnO 5, Stearin 2, N-772 30, Tephil naphtene PO 100 10, ETU 1;

***Sastav smeše na bazi NBR kaučuka (pphr): ZnO 5, Stearin 2, N-772 30, Tephil naphtene PO 100 10, CZ 2, TMTD 2,5 , S 0,5

Sa reoloških kriva određeni su osnovni parametri reološkog ponašanja umrežavajućih sistema koji su dati na slikama 1 i 2. : vreme početka umrežavanja (ts_2) i optimalno vreme umrežavanja (t_{c90}).



Slika 1. Uticaj masenog udela elastomera (NBR i CR) u blendama sa CSM kaučukom na vrednost vremena predumreženja



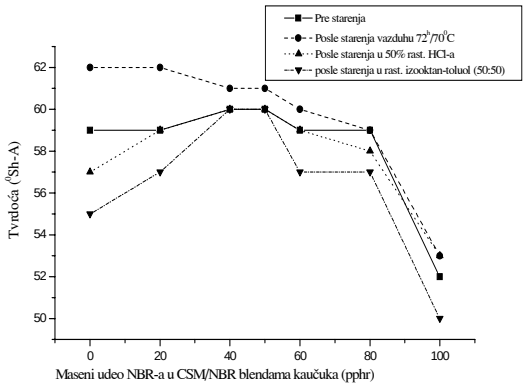
Slika 2. Uticaj masenog udela elastomera (NBR i CR) u blendama sa CSM kaučukom na vrednost optimalnog vremena umrežavanja

Sa povećanjem masenog udela elastomera u CSM/NBR i CSM/CR blendama kaučuka vreme predumreženja , t_{s2} i optimalno vreme umrežavanja t_{c90} se povećava, do odnosa 50:50. Ovo je bitna karakteristika pri izradi guma-metal proizvoda gde t_{s2} treba da bude što veće da bi mrežavajući sistem imao dovoljno vremena da se razlije u kalupu u kome se vrši izrada odbojnika šinskih vozila.

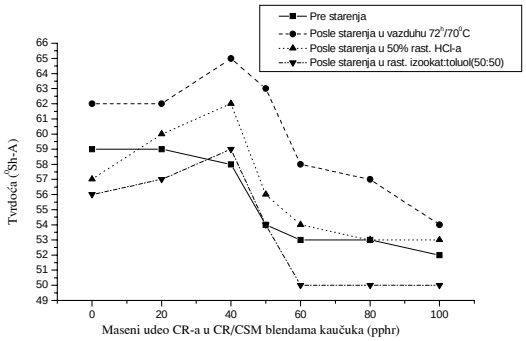
Veliki je broj radova koji opisuju spoj gume i metala (1-4). Oni opisuju veličinu adhezije i daju načine kako treba povećati jačinu guma-metal veze. Najčešće su to promene u sastavu blendi kaučuka korišćenjem aktivnih aditiva.

Kontrolisanjem stepena umreženja nanešenog umrežavajućeg sistema na površinu metala, kontrolišu se vrednosti mehaničkih svojstava pre i posle ubrzanog starenja u različitim sredinama a samim tim i vrednosti jačine adhezije spoja guma-metal.

Na slikama 3,4,5,6,7 i 8 prikazane su vrednosti dobijenih mehaničkih svojstava umreženih materijala pre i posle ubrzanog starenja na bazi blendi kaučuka u zavisnosti od sastava.



Slika 3. Promena vrednosti tvrdoće pre i posle starenja u različitim sredinama sa promenom masenog udela NBR kaučuka u CSM/NBR blendama kaučuka

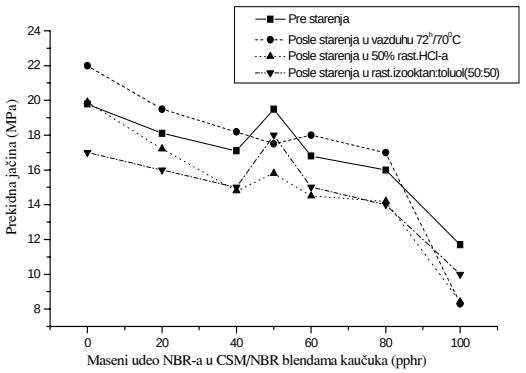


Slika 4. Promena vrednosti tvrdoće pre i posle starenja u različitim sredinama sa promenom masenog udela CR kaučuka u CSM/CR blendama kaučuka

Tvrdoća umreženih materijala je jedno od najvažnijih mehaničkih svojstava čije vrednosti ukazuju na stepen umreženosti materijala. Vrednosti tvrdoće umreženih materijala se povećavaju sa povećanjem masenog udela elastomera (NBR i CR kaučuka) (slike 3 i 4)

Promena vrednosti tvrdoće umreženih materijala u različitima sredinama (topli vazduh 70 sati na 70 ^{0}C, 50% rastvor HCL i rastvor izooktan: toluol (50:50)) je različita zavisno od sastava blendi, i kreće se od 0 do 14 ^{0}Sh-A za CSM/CR, i od 0 do 4 ^{0}Sh-A za CSM/NBR blende kaučuka. Najmanja promena vrednosti tvrdoće je za sastav blende kaučuka pri odnosu 50:50.

Pod dejstvom temperature i kiseonika iz vazduha, kod konvencionalnih kaučuka (poliizoprenski (NR), stiren-butadienski kaučuk (SBR)), dolazi do procesa razmrežavanja. Za korišćene tipove kaučuka u ovom radu, koji umrežavaju punilima (NBR,CR i CSM), proces umrežavanja pri ovakvim uslovima se nastavlja.

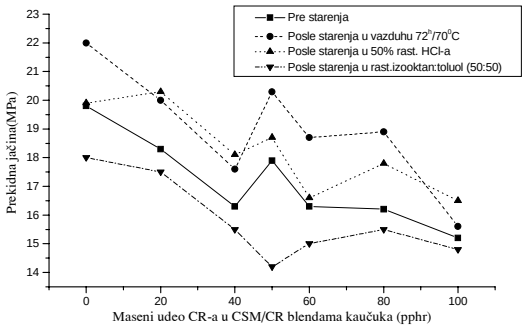


Slika 5. Promena vrednosti prekidne jačine pre i posle starenja u različitim sredinama sa promenom masenog udela NBR kaučuka u CSM/NBR blendama kaučuka

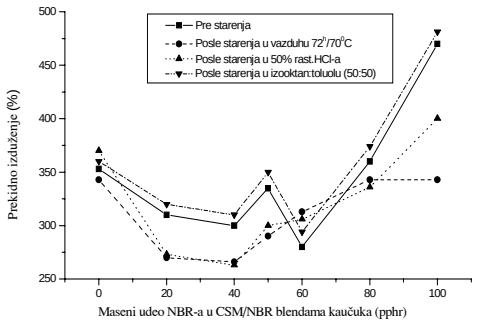
Prekidna jačina umreženih materijala, kao mera žilavosti, definiše se kao sila po jedinici površine i zavisi od strukture makromolekula kaučuka, a u najvećoj meri od aktivnosti punila, interakcije punilo-kaučuk i stepena disperzije punila u polimernoj matrici. Sa povećanjem masenog udela elastomera u CSM/NBR i CSM/CR blendama kaučuka (slike 5 i 6), vrednosti prekidne jačine se smanjuju. Od dobijenih blendi, najveće vrednosti prekidne jačine i najmanju promenu vrednosti prekidne jačine u ispitivanim sredinama pokazuju blende kaučuka pri odnosu 50:50 za oba umrežavajuća sistema.

Prekidno izduženje je mera elastičnosti umreženih materijala, i vrednosti ispitivanog mehaničkog svojstva se sa povećanjem masenog udela NBR i CR elastomera u CSM/NBR i CSM/CR blendama kaučuka uvećavaju.

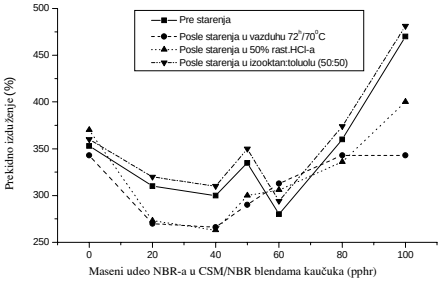
Vrednosti promene prekidnog izduženja u različitim sredinama su najmanje u blendama kaučuka pri odnosu 50:50. Uvećanje vrednosti mehaničkih svojstava istezanjem (prekidne jačine i prekidnog izduženja) objašnjava se procesom koumrežavanja upotrebljenih kaučuka, što ima za posledicu ravnomernu preraspodelu naprezanja duž makromolekulskih lanaca koumreženih kaučuka.



Slika 6. Promena vrednosti prekidne jačine pre i posle starenja u različitim sredinama sa promenom masenog udela CR kaučuka u CSM/CR blendama kaučuka

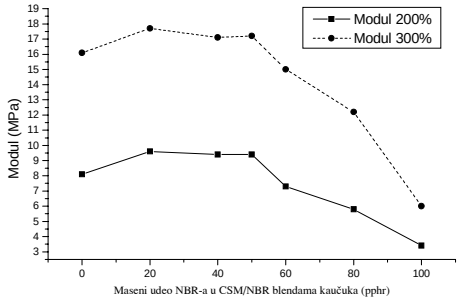


Slika 7. Promena vrednosti prekidnog izduženja pre i posle starenja u različitim sredinama sa promenom masenog udela NBR kaučuka u CSM/NBR blendama kaučuka

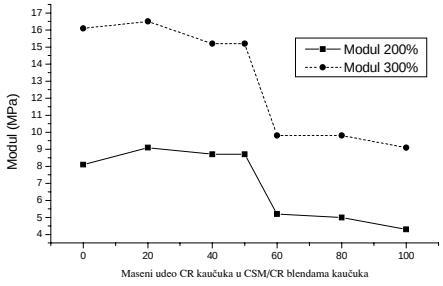


Slika 8. Promena vrednosti prekidnog izduženja pre i posle starenja u različitim sredinama sa promenom masenog udela CR kaučuka u CSM/CR blendama kaučuka

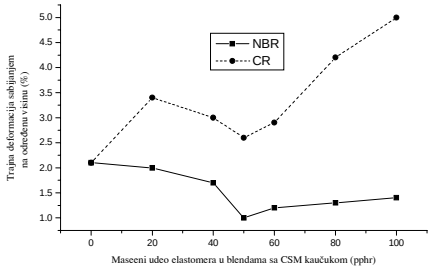
Na slikama 9 i 10 prikazane su vrednosti modula elastičnosti pri zadanom izduženju (200 i 300%). Blende pri 50:50 odnosu komponentnih kaučuka, imaju od svih sastava blendi, maksimalne vrednosti.



Slika 9. Promena vrednosti modula 200 i 300% sa promenom masenog udela NBR kaučuka u CSM/NBR blendama kaučuka

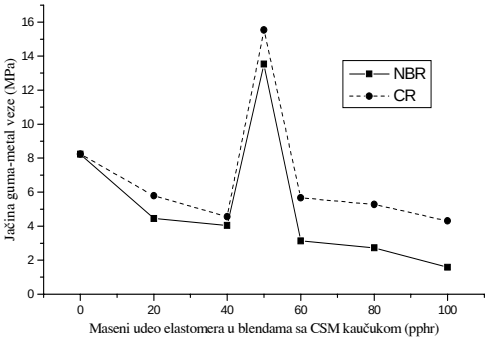


Slika 10. Promena vrednosti modula 200 i 300% sa promenom masenog udela CR kaučuka u CSM/CR blendama kaučuka



Slika 11. Promena vrednosti trajne deformacije sabijanjem na određenu visinu sa promenom masenog udela elastomera u blendama sa CSM kaučukom

Veličina zaostale deformacije posle određenog sabijanja (25% od početne visine epruvete), kao važna karakteristika elastično-plastičnih svojstava materijala prikazana je na slici 11. Minimalne vrednosti za trajnu deformaciju sabijanjem daje blenda pri 50:50 odnosu komponentnih kaučuka za oba ispitivana sistema.



Slika 12. Promena vrednosti jačine guma-metal veze sa promenom masenog udela elastomera u blendama sa CSM kaučukom

Vrednosti jačine spoja guma-metal dovode se u vezu sa formiranjem međuspoja između elastomera i metala, koji se obrazuje već na sobnoj temperaturi. Upotrebljeni elastomeri imaju veoma nisku temperaturu staklastog prelaza (NBR, CSM i CR kaučuci).

Koumrežavanjem se formira trodimenzionalna mreža elastomera, smanjuje pokretljivost makromolekulskih lanaca kaučuka, a na međupovršini gume i metala se dešava interdifuzija makromolekula uz obrazovanje međupovršinskog umreženja. Međupovršinska jačina spoja gume i metala zavisi od broja nastalih premošćenja. Najveće vrednosti jačine adhezije pokazale su blende kaučuka pri odnosu 50:50 za oba umrežavajuća sistema.

4. ZAKLJUČAK

U toku izrade odbojnika železničkih vozila na bazi dobijenih umrežavajućih sistema blendi kaučuka, koji bi u toku eksploatacije bili izloženi ispitivanim sredinama vrednosti jačine spoja guma-metal u najvećoj meri zavise od vrednosti tvrdoće umreženog materijala (najveći postignuti stepen umreženosti), vrednosti prekidne jačine i prekidnog izduženja. Pri odnosu blendi kaučuka od 50:50, postignuti su zadovoljavajući rezultati za mehanička svojstva kao i najmanja promena istih u ispitivanim sredinama

LITERATURA

[1] D.C. Leicht, O.H. Yeoh, A.N. Gent, J. Padovan, R.L. Mullen. **Adhesion failure in bonded rubber ,**Rubber Chemistry and Technology, **76**, 160-174, 2003.
[2] D. Mangaraj, **Rubber blends,** Rubber Chemistry and Technology, **75**, 365-428, 2002.
[3] R.S. Rajeev, **Crosslinking of rubber by fillers,** Rubber Chemistry and Technology, **75**, 475-501, 2002
[4] P.B. Lindley, **Engenering design with natural rubber,** Technical bulletin No 8, 1964

CROSSLINKED MATERIALS BASED ON CHLOROSULPHONATED RUBBER BLENDS IN RAILWAY VEHICLES

G.Marković, Ž.Ćirić, B.Radovanović

Summary: *Rubber and metal combination is a broad construction decision regarding suspensions for railway machines, vehicles and industry equipment . The most important quality factor of rubber-to-metal bond strength is the resistance of different chemical agent's effects (acid, alkali, oils and organic solvent) in railway industry during exploitation. This work is the investigation of the effect of polychloroprene rubber (CR) and acrylonitrile-butadiene rubber (NBR) mass ratio in blends with chlorosulphonated polyethylene rubber (CSM) on mechanical properties before and after aging: a) 72 ^{h}/70 ^{0}C; b) 72^{h}/25 ^{0}C in 50% solution of acid chloride (HCl); c) 72^{h}/25 ^{0}C in 50:50 solution of isooctane: toluene. The results show that CSM/NBR and CSM/CR rubber blends in mass ratio 50:50 have the best mechanical properties (hardness, modulus, tensile strength, elongation at break, tear strength, compression set) and are at the maximum values of rubber to metal bond strength with this ratio. This acquired resistance with ratio 50:50 change minimally in experimental media . These rubber blends are used in rubber metal springs witch explored in experimental media.*

Key words: rubber compounds, the spring of railway vehicles, adhesion strength, metal-elastomer joints

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

УТИЦАЈ SiO_2 НА СТЕПЕН ХАБАЊА ГУМЕ НА БАЗИ НБР КАУЧУКА

Сузана Самаржија-Јовановић[1], Војислав Јовановић[2]

Резиме - *При пројектовању сировинског састава, за добијање еластомерних материјала, веома је важно извршити такав избор полазних макромолекула који ће реакцијом умрежавања дати материјал који може бити подвргнут специфичним условима експлоатације, при излагању различитим врстама деформације. Умрежени полимерни материјали имају значајну улогу у железничком саобраћају првенствено као заптивни елементи кочионог система железничких возила. За добијање неке смесе каучука, чији ће се умрежени материјали касније користити у специфичним условима рада, потребно је додати низ других компоненти које ће му поред еластичности побољшати и механичке особине. Посебну улогу у добијању тих нових, бољих особина имају пунила (5). Са тим циљем испитан је утицај SiO_2 на степен хабања гуме на бази ЕПДМ каучука. Механичке особине су одређене стандардним методама које се примењују у гумарској индустрији.*

Кључне речи – пунило, хабање, НБР каучук, железничка возила.

1. УВОД

У зависности од намене и услова експлоатације данас се на тржишту могу наћи гуме различитог састава и у зависности од тога механичких особина. Како је највећи број полимера међусобно немешљив, при њиховом мешању се у правилу добијају хетерогени системи. Стварањем вишефазних система карактеристике појединих фаза могу бити делом очуване или знатно промењене услед утицаја међумолекулске интеракције. Због тога су савремена истраживања усмерена ка употреби познатих полазних полимера и добијању нових типова еластомерних материјала са новим, модификованим макромолекулима. За производњу еластомерних материјала са новим специфичним својствима неопходно је познавање састава, молекулске структуре, морфологије полазних полимера и могућности прераде материјала према захтевима науке о материјалима и инжењерства материјала.

2. ТЕОРИЈСКИ ДЕО

Макромолекули каучука могу бити умрежени непосредно угљеник-угљеник везама или посредно неким средством за умрежавање: атомима или ланцима сумпора, поливалентним јонима или органским радикалима (9). Механизам умрежавања макромолекула зависи од структуре односно врсте каучука. У технолошкој пракси најчешће се за умрежавање користи сумпор и тај процес је познат под називом вулканизација. Умрежавање представља процес интермолекулског повезивања независних макромолекула каучука попречним хемијским везама и то резултује настајањем јединствене просторне мреже односно еластомерне мреже. Физичка својства еластомерних мрежа директно зависе од густине хемијских веза мреже односно од степена умрежености материјала. Основна карактеристика таквих умрежених материјала је висока или гумаста еластичност, то јест способност врло великих еластичних деформација истезања и повратка у почетно стање по престанку силе деформације и првенствено је ентропијског карактера, за разлику од деформација тврдих тела где истезање чини трајну деформацију. Уз побољшање еластичних и смањење вискоеластичних карактеристика, умреженост повећава топлотну постојаност еластомера, иако се топлотна својства (топлотна проводљивост, специфични топлотни капацитет) битно не мењају.

Најосетљивији део кочионог система железничких кола представљају заптивни елементи. Због специфичних услова експлоатације као што су: повишена температура, утицај агресивних медија, светлости и озона али и механичких особина као што су: прекидна чврстоћа, прекидно издужење, тврдоћа, веома је битно извршити правилан избор еластомера на бази којег ће бити израђени заптивни елементи кочионог система. Еластомери од кога се праве заптивни елементи кочионог система су на бази НБР каучука (7).

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО

Коришћен је НБР каучук (Kraynac 34-50, Полисар-Канада), а као пунило – таложни силицијум диоксид СИЛ-1. Систем за умрежавање поред сумпора (Зорка-Шабац) садржи и убрзиваче ЦБС и ТМТД (Bayer Немачка) као и активаторе цинк оксид (Злетово-Македонија) и стеаринску киселину (Ривијера-Југославија). Као антиоксиданс коришћен је Vulkanox 4010 NA (Bayer Немачка). Умешано је пет смеса са различитим садржајем силицијум диоксида у испитиваним узорцима (40,50,60,80 и 100 масених делова на 100 масених делова каучука). Све смесе су умешане на лабораторијском двовальку и по истом режиму мешања. Сви системи су умрежени под истим условима (20 минута на 423 К) у лабораторијској етажној преси. Механичка испитивања су извршена

[1] Др Сузана Самаржија-Јовановић, ПМФ, Одсек за хемију, Универзитет у Приштини, Косовска Митровица
[2] Мр Војислав Јовановић, ПМФ, Одсек за хемију, Универзитет у Приштини, Косовска Митровица

применом стандардних метода у гумарској индустрији. Одређиване су механичке особине као што су: модул 200% и 300%, прекидна чврстоћа, прекидно издужење, тврдоћа, одбојна еластичност и хабање. Рецептуре експерименталних смеса наведене су у табели 1. (6).

Табела 1. Сировински састав умрежавајућих система на бази НБР каучука са таложним силицијум-диоксидом .

Број узорка	Компоненте (phr)*							
	НБР	ZnO	Стеарин	SiO_2	4010 NA	ЦБС	ТМТД	Сумпор
1	100	5	1	40	1	1,5	0,5	0,8
2	100	5	1	50	1	1,5	0,5	0,8
3	100	5	1	60	1	1,5	0,5	0,8
4	100	5	1	80	1	1,5	0,5	0,8
5	100	5	1	100	1	1,5	0,5	0,8

*масених делова на 100 делова каучука

4. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Вредности механичких својстава за умрежене материјале на бази НБР каучука дате су у табели 2. Из табеле 2. се може видети да са повећавањем садржаја пунила у узорцима, прекидна чврстоћа расте и максималну вредност показује код узорка 2 који садржи 50 масених делова силицијум диоксида на 100 масених делова каучука. Настале разлике у вредностима за прекидну чврстоћу се објашњавају различитим степеном дисперзије пунила у каучуку и активношћу пунила (1,8,4). Максимална вредност за ову карактеристику се налази код оног узорка где је оптимално пуњење и ако су сви агломерати пунила дисперговани до агрегата. Постоји више модела којима се покушава објаснити феномен оптималне количине пунила, која даје максимално ојачање материјала стварањем различитих структура (3,2).

Табела 2. Механичка својства умрежених материјала на бази НБР каучука са таложним силицијум-диоксидом.

Број узорка	НБР (phr)	SiO_2 (phr)	Модул 200% (MPa)	Модул 300% (MPa)	Прекидна чврстоћа (MPa)	Прекидно издужење (%)	Тврдоћа (Sh^oA)	Одбојна Еластичност (%)	Хабање (mm^3)
1	100	40	1,57	1,86	10,1	930	65	31	208
2	100	50	1,96	2,35	16,2	920	69	29	193
3	100	60	2,16	2,65	12,9	910	75	27	162
4	100	80	2,89	3,73	12,3	830	84	23	191
5	100	100	4,90	6,97	14,7	720	92	21	194

Прекидно издужење представља меру еластичности умрежених материјала, заправо еластичност је већа уколико је садржај каучука већи. Повећавањем садржаја пунила у полимерној матрици стварају се чврсти сегменти, који повећавају чврстоћу умреженог материјала а еластичност се тада смањује. Вредности за прекидно издужење се са повећавањем садржаја пунила смањују. Тврдоћа је важна карактеристика умрежених материјала. Дефинише се као отпор којим се материјал супротставља продирању другог тела у његову површину. Вредности за тврдоћу расту са повећавањем садржаја пунила и трајањем процеса умрежавања. Одбојна еластичност представља меру еластичног понашања умреженог материјала. Одређује се губитак механичког рада при удару покретног чекића о гумену епрувету. Уколико је еластичност већа утолико је губитак рада мањи. Са повећавањем садржаја таложног силицијум-диоксида у испитиваним узорцима вредности за одбојну еластичност опадају.

Хабање се израчунава према једначини:

$$H = [(G_0 - G_1)200]/\rho A_0 \quad (1)$$

Где су: H хабање у $мм^3$, G_0 маса узорка после хабања у g, G_1 маса узорка после хабања у g, број 200 је потребна абразивност шмиргл-папира у $мм^3$, A_0 стварна абразивност шмиргл-папира, ρ густина испитиваног узорка у g/mm^3. Са повећавањем садржаја пунила, у умрежавајућим системима на бази НБР каучика, вредности за хабање опадају и минимум показује узорак 3 који садржи 60 масених делова СИЛ-а 1 и износи 162 mm^3. Даљим додатком пунила вредности за хабање расту.

5. ЗАКЉУЧАК

На основу резултата истраживања може се закључити следеће:

1.Са повећањем садржаја пунила, таложног силицијум-диоксида СИЛ-1 у умреженом материјалу вредности за модуле 200% и 300% расту а то се односи и на тврдоћу. Насупрот томе вредности за прекидно издужење и одбојну еластичност опадају. Узорак 2 код кога је однос НБР:SiO_2 = 100:50 показује максимум вредности за прекидну чврстоћу што значи да је управо то оптимална количина пунила у еластомерној матрици.

2. Узорак 3 код кога је однос НБР:SiO_2 = 100:60 показује најмању вредност за хабање и износи 193 mm^3.

3. Садржај пунила у умреженим материјалима може се мењати у широким границама а оптимална количина пунила у полимерној матрици се одређује на основу жељених експлоатационих карактеристика умрежених материјала и података о економичности процеса.

ЛИТЕРАТУРА

[1] I.V.Garmonov, Sinteticheskii kauchuk, "Khimiya", Leningrad, p. 4-49, 238, (1983).
[2] B.V.Dogatkin, Himiya elastomerov, "Khimiya", Moskva, (1972).
[3] М. Плавшић, Полимерни материјали-наука и инжењерство, Научна књига, Београд, стр. 30, (1996).
[4] A. Patel, W. Brown, Rubber World 21,194, (1986).
[5] С.Самаржија, Магистарска теза, Филозофски факултет, Ниш, (1992).
[6] С.Самаржија-Јовановић, Докторска дисертација, ПМФ, Косовска Митровица, (2003).
[7] Р.Томић, М.Јовановић, М.Радовановић, Прилог одржавању кочница железничких возила на бази програма ИХП Прва петолетка, 2nd International Conference "Research and Development in Mechanical Industry" RaDMI 2002, 02- 04. September 2002, Vrnjačka Banja, 1388-1393.
[8] J. Funt, Rubber World 21,193, (1986).
[9] З. Шуштерич, Физикалне методе у гумарству, ДПГ, Загреб, стр.2, (1988).

The influence of SiO_2 on NBR rubber abrassion degree

S. Samaržija-Jovanović, V. Jovanović

Abstract *When the compounding of elastomeric materials is very important to choice of macromolecules which are via cross linking reaction give a deformation resistance of materials. The cross linking polymers are using for the spindled system of railvey vehicle. The fillers are very important for improvements of both the elastic and mechanical properties of rubber compounding. For that reason, in this work we are investigation the influence of SiO_2 on abrasion degree of materials based on NBR rubber. Mechanical properties are determined using a standard industrial methods.*

Key words – filler, abrassion loss degree, NBR rubber, railway vehicle.

XI ŽELKON '04
RAILCON '04

ЗЕМЉОСПОЈНА ЗАШТИТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ЛОКОМОТИВА

Саво Јелић[1], Мила Папић, Лазар Груић[2]

Абстракт. На основу студије о стању земљоспојне заштите диодних електричних локомотива, у којој је показано да и поред примене постојећих заштитних уређаја, струје земљоспоја могу развити снаге од више стотина киловата и бити директан узрок пожара, у Минелу је конструисан активни електронски контролник изолованости МКИ ЕП169А1. Функционалне карактеристике и сигнална дејства организовани су по прописима Међународне електротехничке комисије, а изведба и критеријуми деловања по смерницама ЖТП-а Београд. Основне компоненте и блокови потичу од контролника МКИ ЕП169А примењеног на дизел-електричним локомотивама. Рад са малим, безопасним струјама, свеобухватност и селективност деловања омогућују високу расположивост возила, а нови контролник чине врсним средством за превентивну заштиту од пожара на електричним локомотивама и електромоторним возовима.

Кључне речи: земљоспојна заштита, локомотива, пожар.

1. РАЗЛОЗИ ПОСТОЈАЊА ЗЕМЉОСПОЈНЕ ЗАШТИТЕ

Од земље изоловане електричне мреже имају у односу на друге видове мрежа (уземљене, нуловане) две битне предности: већу расположивост и знатно мању опасност од пожара. Већа расположивост је од интереса у свим постројењима у којима се прекид рада због дејства заштите може неповољно одразити на процес производње или на поремећаје процеса рада. У случају железничких примена због ниске поузданости електричне локомотиве воз може остати на отвореној прузи, па тако пореметити саобраћај. Мања опасност од пожара је значајна у свим инсталацијама. Локомотиве су изразит случај због велике вредности опреме која у случају пожара страда. Предности које доносе изоловане мреже могу да дођу до изражаја само ако се на одговарајући начин контролише њихова изолованост и у складу са њеним вредностима предузимају мере на одржавању инсталација. За контролу изолованости, чија ослабљеност представља увод у директан земљоспој, постоје међународни прописи.

2. ЛОКОМОТИВСКЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ИНСТАЛАЦИЈЕ

Ради обезбеђење предходно наведених предности електровучна возила имају, по правилу, инсталације изоловане од земље односно од масе локомотиве. Електричне инсталације на локомотивама могу се, угрубо, поделити на три дела: вучни струјни круг, помоћни погон, управљачка кола. Због услова у којима раде вучни мотори највећа пажња се поклања вучном струјном кругу. Не би, међутим, требало занемарити ни кола помоћног погона, па ни управљачка кола кад је њихов номинални напон већи од 65 V.

На електровучним возилима ЖТП-а Београд постоје различити нивои контроле изолованости односно заштите од земљоспоја. Пре преласка на приказ заштите електричних локомотива, које су предмет нашег излагања, укратко ћемо се осврнути на заштиту дизел-електричних локомотива.

3. ЗАШТИТА ДИЗЕЛ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЛОКОМОТИВА

На главнини дизел-електричних локомотива ЖТП-а Београд постоје, у основи, два вида заштите: релеа земљоспоја сачињена од мостовских електричних шема (серије 661 и 642/643) и контролници изолованости (серија 641).

Упоредне карактеристике ових заштитних средстава детаљно су анализиране у нашим раним радовима [1], [2]. Повод за те радове била је критичка анализа тада постојећег стања и приказ домаћег решења, које је већ у првој верзији донело потпунију заштиту омогућену применом транзистора, који су тих година тек налазили прве примене. *Први домаћи контролник изолованости ЕП169* био је, како смо касније сазнали, међу првим применама транзистора у заштитне сврхе ове врсте у целом свету. Предност транзисторских у односу на релејне шеме огледала се у битном смањењу такозване неутралне зоне (зоне у којој заштита не реагује) што је постигнуто захваљајући разлици у величини струје потребне за покретање релеа и укључење транзистора. Додатак којим је обележена верзија А контролника (ЕП169А) донео је домаћем решењу још изразитије предности, јер је, помоћу генератора у самом контролнику, омогућио да се контрола изолованости обавља и пре него што локомотива крене. Без овог додатка деловање заштите је било зависно од отпора изолованости и од напона вучног струјног круга, па би се деловање контролника у неким случајевима јављало тек кад се напон генератотра довољно повећа, тј. кад локомотива достигне велику брзину. Додатак интерног генератора донео је уређају и дизел локомотивама експлоатационе предности. Домаћа изведба овог уређаја под именом МКИ ЕП169А (где МКИ означава

[1)] Проф. др Саво Јелић, дипл. инж., 11000 Београд, Невесињска 2, e-mail: sjelic@ptt.yu
[2)] Мила Папић, дипл. инж., Лазар Груић, дипл. инж., Минел-Аутоматика, 11000 Београд, Ровињска 14, e-mail: milapapic@ptt.yu

Минелов Контролник Изолованости) приказана је на скупу "Железничко машинство" 2002 [4].

4. ПОСТОЈЕЋА ЗАШТИТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ЛОКОМОТИВА

Предстојећа, најпре општа и очевидна, а потом детаљна математичка анализа постојеће земљоспојне заштите диодних електричних локомотива, заснована је на увиду у електричне шеме и спецификације готово свих варијанти изведбе. Заједничка карактеристика им је да се између целине или дела инсталације који се штити и масе локомотиве постави редна веза релеа и његовог предотпорника.

4.1. Основна подела постојећих решења

Решења примењена на диодним локомотивама ЖТП-а Београд могу се, у зависности од броја и спреге релеа земљоспоја на локомотиви, поделити у четири групе:

4.1.1 серијска веза једног релеа земљоспоја и предотпора прикључена између међусобно спојених крајева сви вучних секундара трансформатора и масе локомотиве.

4.1.2 једно или два релеа земљоспоја спојени између крајева секундара трансформатора у серији са једним или више отпорника.

4.1.3 минус крајеви група од по два мотора међусобно спојени и преко засебних релеа земљоспоја и заједничког предотпора везани на масу локомотиве.

4.1.4 Серијска веза релеа земљоспоја и предотпора, посебно за сваки вучни мотор, везана између минус краја диодног исправљача и масе локомотиве.

4.2. Опште карактеристике постојећих решења

Постојећа решења могу се разврстати по везама релеа са наизменичним или једносмерним деловима вучног струјног круга и по степену селективности. Ослањањем на једносмерни уместо на наизменични део вучног струјног круга већа пажња се поклања контроли изолованости вучних мотора који су, иначе, далеко више подложни земљоспоју од секундара трансформатора.

Значај селективности је евидентан: при деловању контролника из рада се искључује само једна или две, заједно штићене, машине, а остале могу да наставе рад.

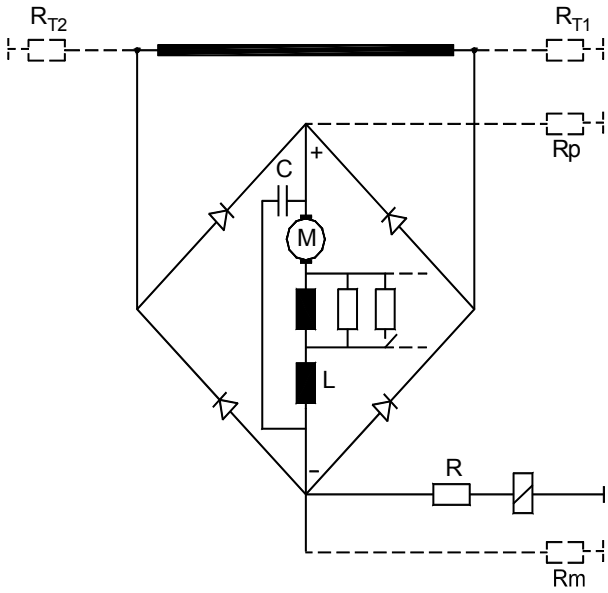
По оба наведена основа најбоље досада примењено решење је оно наведено у тачки 4.1.4. Њега ћемо узети као основу за анализу делотворности земљоспојне заштите.

4.3. Анализа постојеће селективне заштите увидом у шему функционисања

Наведени најбољи начин постојеће заштите најпре ћемо детаљније приказати па затим његов рад анализирати преко еквивалентне електричне шеме.

4.3.1 Начин рада и еквивалентна шема релеа земљоспоја

Код ове заштите струјни круг сваког вучног мотора има свој реле земљоспоја, чиме она заслужује назив селективна. Свако реле и припадајући редни предотпор везано је између минус краја диодног моста и масе локомотиве. Редни предотпор (R) остварује се у виду отпорника снаге омске вредности неколико десетина ома. Реле се подешава тако да делује кад кроз њега тече струја од неколико ампера. У случају који анализирамо отпор је 50 Ω, а струја деловања 6 А. Шема напајања једног вучног мотора са припадајућом заштитом од земљоспоја приказана је на слици 1.



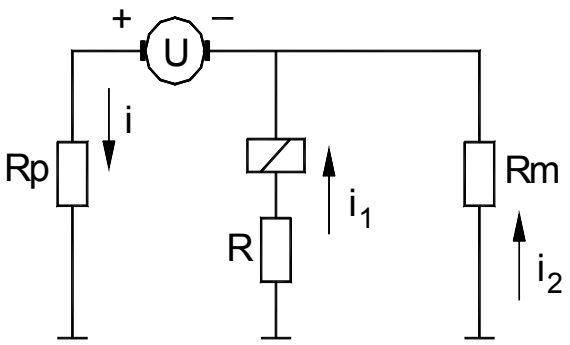
Слика 1. Вучни струјни круг једног мотора, отпори изолованости и реле земљоспоја

Цртканим линијама на овој слици означени су отпори изолованости плус и минус краја једносмерног дела вучног струјног круга Rp и Rm, као и отпори изолованости наизменичног дела R_{T1} і R_{T2}.

Струја кроз реле може та тече само под дејством исправљеног напона вучног струјног круга (обележимо га са U) преко ових отпора изолованости према маси локомотиве. Струја кроз реле преко Rp и Rm тече под пуноисправљеним, а кроз R_{T1} и R_{T2} под полуисправљеним напоном. R_{T1} и R_{T2} су у одговарајућим полупериодама у својеврсној редно/паралелној спрези са Rm, па ако их уз њега сврстамо добијамо једноставну еквивалентну шему побуђивања релеа земљоспоја (слика 2).

4.3.2 Задаци и поступак анализе рада релеа земљоспоја

Главни задатак анализе деловања је да покаже кад ће реле, зависно од напоа U и вредности отпора изолованости Rp и Rm да делује. Деловање ћемо најпре размотрити општим увидом у шему функционисања, а затим прикладним математичким апаратом.



Слика 2. Упрошћена еквивалентна шема побуђивања релеа земљоспоја

4.3.3 Основна критична стања

Увидом у шему са слике 2 могу се, и пре преласка на детаљну математичку анализу, уочити битне карактеристике рада и критична стања при којима реле делује односно не делује. То су лако видљива стања. Прво, види се да реле неће деловати док на вучном мотору нема напона. Струја за активирање релеа је директно сразмерна напону мотора, па се ослабљена изолованост може открити тек пошто локомотива достигне извесну брзину. У битна обележја рада спада велика струја потребна за активирање релеа. Струја од близу 6 А која тече кроз реле пре него што се оно активира тече преко неких отпора изолованости вучног струјног круга према маси. Износ од 6А је превелик и представља опасност од пожара, јер се као опасна граница за иницијализацију пожара сматра струја између два метална дела од само пола ампера.

(Пожар, чији је чест узрок висок пораст температуре или електрични лук, који се јављају као последица ослабљене изолације, може, као што је познато, имати драматичне последице и за људе и за опрему. Опасност од пожара је то већа што су веће струје земљоспоја, а зависи и од локалних услова који могу погодовати ширењу ватре и експлозији. Електрицитет је, иначе, чест узрок пожара. На основу испитивања која су показала да струја од само 500 мА може довести до жарења двају металних делова који долазе у случајан додир неке земље су утврдиле критеријуме заштите. Тако је, например, праг ризика од 500 мА уврштен у француски национални стандард NF C 15-100, део 482.2.10.)

Најопасније, право критично стање, настаје кад минус крај вучног струјног круга први падне на масу локомотиве тј. кад је Rm=0. У том случају реле је, по слици 2, премошћен, па никад неће деловати, без обзира колико низак био отпор изолованости Rp. Ово стање се ничим не сигнализира, а при њему отпорник Rp трпи цео напон вучног струјног круга и апсорбује снагу управно сразмерну квадрату тог напона и обрнуто сразмерну својој вредности. То су големе снаге од којих све живо може да се упали. При максималном напону вучног струјног круга од 770 V и отпору Rp од 10 Ω на њему би се развијала снага од 59 кW, а при отпору Rp од 1 ома скоро 600 kW! Одговарајуће струје кроз Rp би у та два случаја биле 77 односно 770 А. Вреди подсетити да се "под капом" Rm на свој начин налазе и R_{T1} и R_{T2} чиме се утростручује број рањивих места.

Друго, мање критично стање, може да се јави кад је минус крај вучног струјног круга идеално изолован од масе. Тада реле неће деловати све док струја кроз Rp не достигне 6 А, колики је праг деловања релеа. И та, толика, струја представља, наравно, не малу опасност од пожара. Снага која се при том развија на Rp је реда 3 kW, а може се лако добити ако се, под предпоставком да је отпор релеа земљоспоја занемарив у односу на предотпор R, срачуна из израза за струју као однос напона U и збира Rp і R. Умножак тако срачунатог Rp са квадратом струје (овде 6 А) даје тражену снагу.

Једначине помоћу којих се могу срачунати снаге развијене пре реаговања релеа земљоспоја у овом и другим случајевима, написане су у следећем поглављу.

4.4. Детаљна анализа постојеће земљоспојне заштите

4.4.1 Област деловања релеа

Да би се утврдило кад ће реле земљоспоја деловати тј. кад ће кроз њега протећи струја од 6 А , треба из шеме са слике 2 изразити ту струју у зависности од величина од којих она, у општем случају, зависи. У том циљу се могу написати три једначине:

$$i = U/(Rp + Rm \text{ паралено са } R) \quad (1)$$

$$i = i_1 + i_2 \quad (2)$$

$$i_1R = i_2Rm \quad (3)$$

Уврштењем i_2 из (2) у (3) добија се

$$i_1 = iRm/(R+Rm) \quad (4)$$

а кад се унесе вредност за і из једначине (1), добија се, коначно, израз за струју активирања релеа i_1:

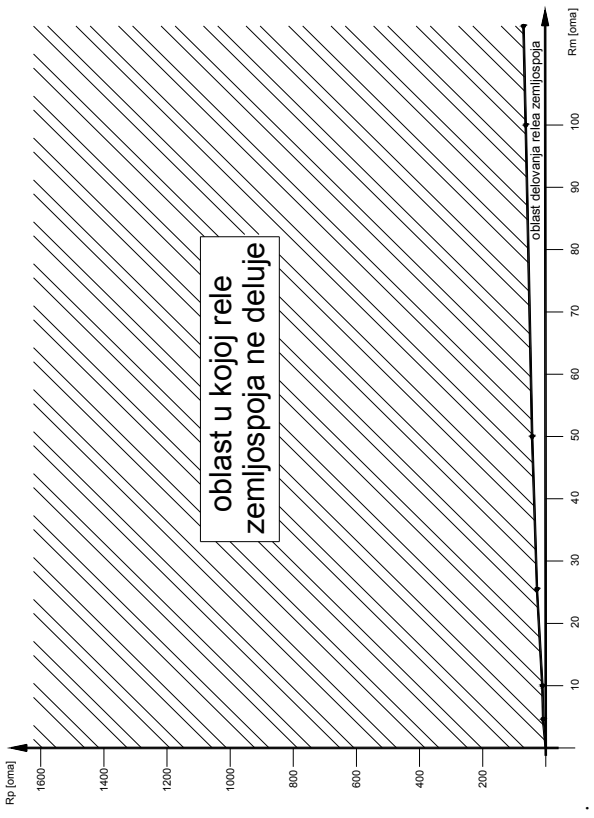
$$i_1 = URm/(RpRm+RpR+RmR) \quad (5)$$

Струја деловања релеа i_1 биће, при напону U, достигнута тек за парове вредности Rp і Rm који проистичу из ове једначине. У следећој Табели 1 унето је неколико парова тих вредности Rp і Rm који за напон U = 770 V, предотпор R од 50 Ω и струју деловања од 6А испуњавају ове услове.

Парови вредности Rp і Rm на граници деловања посматраног релеа земљоспоја приказани су на слици 3. При паровима вредности ових отпора изолованости на кривој Rp = f(Rm) и испод ње реле делује, а при паровима Rp і Rm изнад криве реле неће реаговати. Област у којој реле не делује је, како се види, врло велика. Њена величина била би још изразитије видљива кад би се нацртала за килоомске вредности Rp і Rm, тј. за вредности отпора изолованости реда десетина килоома на које би ваљана заштита требала реаговати.

Табела 1. Парови вредности Rp і Rm при којима се, за U=770 V и R = 50 Ω достиже струја i_1 од 6 А

Rp Ω	78,3	77,9	74,6	52	39
Rm Ω	1 M	100 k	1 k	100	50
Rp Ω	26	13	7,1	1,53	0,156
Rm Ω	25	10	5	1	0.1



Слика 3. Области деловања и неделовања релеа земљоспоја у омском подручју

4.5. Снаге које се развијају пре деловања релеа

Срачунавање парова вредности Rp i Rm при граници деловања и неделовања је у служби одређивања снаге, која се при тим условима, на Rp i Rm може развијати. Снага која се развија на Rp је:

$$Pp = Rpi^2 \quad (6)$$

па како је

$$Rpi + Ri_1 = U \quad (7)$$

то се уврштењем **i** из (7) у (6) добија

$$Pp = (U - Ri_1)^2/Rp \quad (8)$$

Снага развијена на отпорнику Rm може се срачунати из:

$$Pm = i_2^2 Rm \quad (9)$$

што, кад се из једначине (5)

$$i_1 R = i_2 Rm$$

i_2 изрази у зависности од i_1, даје израз за Pm у прикладној форми:

$$Pm = (i_1 R)^2/Rm \quad (10)$$

Тако смо дошли до израза за укупну снагу, која се може развијати кад, односно пре него што, делује посматрано реле земљоспоја:

$$P=Pp+Pm=(U-Ri_1)^2/Rp+(i_1 R)^2/Rm \quad (11)$$

На основу изведених једначина срачунате су снаге за парове вредности Rp и Rm при којим, ни при највећем напону (770 V) кроз реле неће тећи струја већа од 5,5 A, тј. кад реле сигурно још неће деловати. Парови тих вредности и одговарајуће снаге које се под наведеним условима могу дисипирати наведени су у Табели 2 и графички приказани на слици 4.

Велике снаге на отпорима изолованости вучног струјног круга могу се, наравно, развијати не само при овим, него и при другим вреностима Rp i Rm. За то постоји цело подручје у коме реле земљоспоја не делује (слика 3).

4.6. Осврт на прописе

Иако изнети показатељи недвосмислено показују критична стања и опасности од пожара пре него што реле земљоспоја делује, интересантно је да се критеријуми за његово деловање погледају у светлу двају прописа Међународне електротехничке комисије. По првом од њих (IEC 61133 Електрична вуча – Возна средства, Методи за електрична и диелектрична испитивања возила по завршетку израде и пре пуштања у рад) захтевана изолованост локомотиве, која се установљује у оквиру диелектричних проба, је реда мегаома. У ранијим IEC прописима она је за локомотиве износила 1 килоом по волту, што би за целу нашу диодну локомотиву значило изолованост од 770 кΩ, а за сваки вучни мотор пар мегаома. Иако није реално очекивати овако велике отпоре изолованости у свим метеоролошким условима и после дуже експлоатације, не би се никако и ничим могао бранити десет хиљада пута нижи праг деловања које има сада примењено реле земљоспоја.

У другом пропису (IEC 61557-8 Електрична безбедност у нисконапонским дистрибутивним системима до 1.000 V наизменично i 1.500 V једносмерно, део 8 Контролници изолованости за ИТ системе) утврђене су бројчане вредности за прагове сигнализације ниског отпора изолованости односно за искључење напона напајања водова и постројења који се штите на 50 односно 20 ома по волту номиналног напона мреже. Прагови од пар десетина ома на којима делује овде посматрано реле земљоспоја далеко су и испод ових прагова за дистрибутивне мреже, за које, иначе, важе блажи критеријуми него за локомотиве.

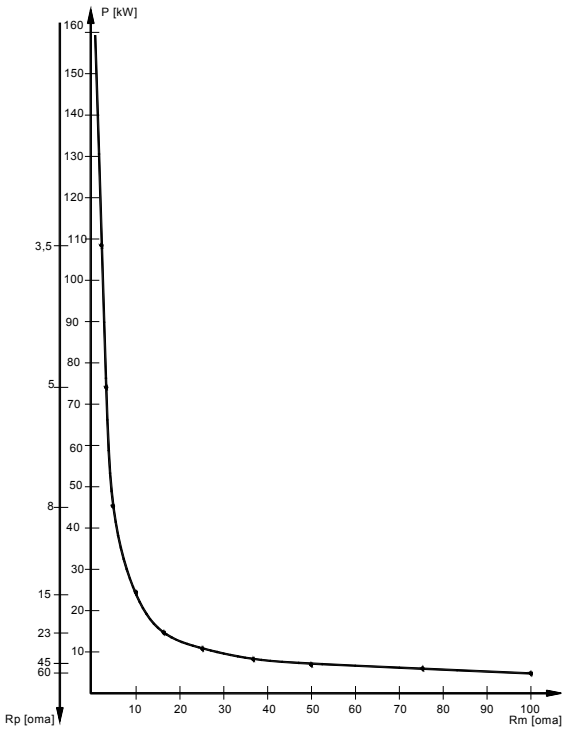
4.7. Резиме карактеристика постојеће селективне земљоспојне заштите

Поред непостојања опомене о ослабљеној изолованости која би указивала на потребу превентивног одржавања, за постојећу селективну заштиту су карактеристични:

-веома широка област отпора изолованости при којима реле земљоспоја не делује (делује само при малим отпорима изолованости реда десетина ома) плус краја вучног струјног круга према маси.

-могућност развоја великих снага на отпорима изолованости пре деловања релеа и пратећа опасност од пожара.

-потпуна елиминција заштитног дејства релеа земљоспоја ако први на масу падне минус крај вучног струјног круга. При том су могуће опасно велике струје земљоспоја и пратеће тешке последице.



Слика 4. Снаге које се могу развијати на отпорима изоловснодти а да реле земљоспоја не делује

Табела 2. Снаге које се при датим вредностима Rp и Rm могу развијати а да реле не делује

Rp Ω	90	89	86	60	54	39
Rm Ω	10^6	10^4	10^3	100	75	37
P kW	2,7	2,8	2,9	4,8	5,5	8,3
Rp Ω	30	23	15	8	5	1,7
Rm Ω	25	17	10	5	3	1
P kW	11	15	24	45	73	214

4.8. Додатне карактеристике неселективних заштита

Неселективне заштите не заслужују посебну пажњу, јер поред проблема којима су оптерећене селективне заштите, неселективне имају и друге крупне недостатке. Први међу њима је што постоји више случајева при којима се релеа премошћавају. Код колективне заштите једним релеом, пад било ког вучног секундара на масу премошћује реле тј. избацује из рада постојећу заштиту. Други, веома значајан, додатни недостатак, су веће дисипиране снаге, које могу бити равне збиру снага више вучних мотора који раде у режимима кад реле земљоспоја не делује И сама неселективност је, разуме се, озбиљан недостатак за експлоатацију локомотива.

4.9. Закључци о постојећој земљоспојној заштити

Постојећа земљоспојна заштита диодних електролокомотива не представља ни у једном свом виду довољну контролу изолованости вучних струјних кола. Струје земљоспоја и дисипиране снаге при којим релеа земљоспоја не реагују су неприхватљиво велике и представљају директну опасност од пожара. Код свих примењених заштита постоје прилике у којима је реле земљоспоја потпуно неутралисан, па од великих струја земљоспоја које се при том могу јавити и проузроковати тешке последице, нема никакве заштите. По прописима IEC 61557-8 *пасивни* уређаји типа релеа земљоспоја примењеног на нашим локомотивама и не спадају у контролнике изолованости.

У диодним локомотивама не постоји земљоспојна заштита ни управљачких кола ни кола помоћног погона.

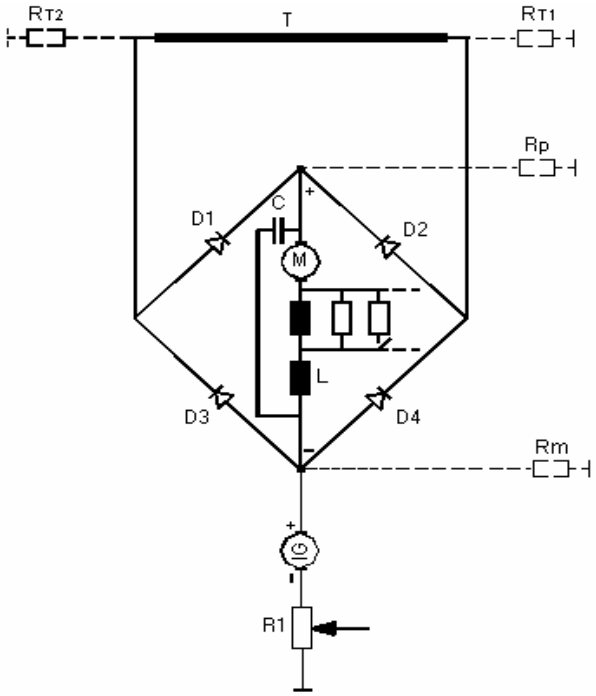
5. СРЕДСТВА ЗА РЕШЕЊЕ ПРОБЛЕМА ЗАШТИТЕ

Заштита диодних локомотива од земљоспоја могла би се обављати било којим од контролника изолованости који у циљу контроле убацују у штићену мрежу струју и помоћу ње мере отпор изолованости. Једну врсту таквих, *активних*, контролника примењујемо у заштити ванжелезничких постројења, а њихову кандидатуру за примену на локомотивама истакли смо у реферату на скупу "Железничко машинство" 2000 [3]. Овога пута смо направили за железницу специјализовани контролник изолованости МКИ ЕП169А1, који је верзија контролника МКИ ЕП169А примењеног на дизел локомотивама. Првенствена намена му је заштита од земљоспоја сваког појединачног вучног мотора и припадајуће инсталације. Овај контролник је, наравно, активни електронски уређај. Електронска кола му се напајају из локомотивске акумулаторске батерије преко dc/dc претварача. Посебан секундар у том претварачу служи као основа за генерисање константног једносмерног напона тј. за стварање интерног генератора (IG), који у коло вучног мотора убацује једносмерну струју према слици 5.

5.1. Начин рада контролника МКИ ЕП169А1

Под дејством напона IG кроз све отпоре изолованости према маси (Rp, Rm, R_{T1}, $R_{T2,...}$) тече струја. Јачина те струје то је већа што је отпор изолованости мањи па пад напона који она проузрокује на отпорнику R1 служи као податак о вредности отпора изолованости.

У електронским компараторима се тај напон упоређује са референтним напонима којима се задају прагови реаговања контролника. Тај посао обављају два компараторска кола са пратећим појачавачима. Прво коло укључује светлосну опомену кад отпор изолованости вучног струјног круга падне испод 500 кΩ, а друго искључује главни прекидач кад отпор изолованости падне испод 200 кΩ. У режиму електричног кочења сви вучни мотори су галвански спојени па контролник за одговарајући износ смањује задате прагове опомене и искључења. Реаговања контролника праћена су светлосним сигналима на контролнику и на пулту машиновође. На пулту су те информације опште, а на контролнику појединачне за сваки вучни мотор. На контролник су уграђени и пломбирани прекидачи помоћу којих се може премостити функција контроле изолованости сваког појединачног мотора, тако да локомотива може да настави рад са преосталим моторима.



Слика 5. Контролник изолованости МКИЕП169А1 у заштити једног вучног мотора

Контролник је заснован на сигурносном принципу па му извршно, заштитно, реле ради на тзв. мирну струју. На тај начин се заштитна функција обавља не само при ниском отпору изоловности него и при нестанку напона напајања и при знатном броју могућих интерних кварова. Због деловања извршног релеа на мирну струју њега треба активирати тј. довести му котву у привучено стање после сваког деловања и/или прекида напајања. За овај такозвани ресет контролника предвиђене су две могућности. По првој, при притиску тастера за укључење главног прекидача затвара се још један пар контаката, а по другој овај посао обавља једно електронско коло контролника при укључењу акумулаторске батерије.

Контролник једног вучног струјног круга чине електронска картица и једно реле. За контролнике свих вучних струјних кругова постоји заједничко реле опомене. Електронске картице (европа формат Е1) свих штићених мотора су једнаке. И сва релеа су истог типа па је обезбеђена пуна замењивост. Електронске картице и релеа намењене заштити 4 или 6 вучних мотора смештене су у заједничко кућиште. Везе штићених вучних кругова и нисконапонске инсталације са контролником, као и изведба и прагови деловања обављени су по смерницама ЖТП-а Београд.

5.2. Предности контролника МКИ ЕП169А1

Контролник се одликује бројним врлинама:

-Свеобухватна селективна контрола изолованости помоћу малих струја.

-Вишестепени нивои контроле изолованост у служби превентивне заштите.

-Аутоматска промена прагова деловања у режиму електричног кочења.

- Сигурносни концепт изражен радом извршног рела на мирну струју.

-Уграђено решење за аутоматски ресет при поновном укључењу напајања.

-Потпуна замењивост електронских картица и релеа.

-Јединствена изведба за четворомоторне и шестомоторне електричне локомотиве.

-Експлоатациона потврда вредности изворног уређаја.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] С. Јелић: Прво домаће реле земљоспоја за дизел-електричне локомотиве, "Железнице" 6/74.

[2] С. Јелић: Ново решење за заштиту локомотива од земљоспоја, "JUREMA", Сплит, 1985.

[3] С. Јелић: Новине у заштити локомотива д земљоспоја и пожара (Селективни контролник МКИ као средство превентивне заштите, "Железничко машинство", Ниш 1994.

[4] С. Јелић, М. Папић, Д. Ћорковић, И. Василић: Земљоспојна заштита електро вучних возила, "Железничко машинство", Ниш 2002.

GROUND FAULT PROTECTION OF ELECTRICAL LOCOMOTIVES

Abstract. *After detailed analysis of existing protection devices which do not insure against fire, a new, active, insulation control equipment named MKI EP 169A1 is presented. Its general organisation and disposition as well as level of action are made in accordance with local railway administration. The functionality of the controller is assured in traction and, according to exchanged criterion, in electric braking. The Controller is based on the components and functional parts of the earlier developed and on diesel-electric locomotives applied device MKIEP169A.*

Key words: locomotives, ground fault, fire protection.