

O PRVOM SAVETOVANJU ŽELEZNIČKO MAŠINSTVO

Dragoslav Pajić

Sa posebnim zadovoljstvom prihvatio sam predlog Organizacionog odbora da, kao jedan od inicijatora i organizatora prvog Savetovanja, kažem nekoliko reči o tom prvom Savetovanju »Železničkog mašinstva«, održanom 2. i 3. oktobra 1984. godine, dakle pre 18 godina, čime mi je učinjena velika čast.

Ovaj poziv me je i lično veoma obradovao, jer sam uvek rado dolazio u ovu sredinu, počev od 1959. godine, kada sam, kao pripravnik-inženjer na JŽ, dolazio u Železničku radionicu »Stanko Paunović« da se upoznam sa remontom parnih lokomotiva, a onda zatim, u periodu od 36 godina aktivnog rada na JŽ, imao sam priliku da, po raznim pitanjima iz programa remonta i proizvodnje vozničkih sredstava u MIN-u, češće dolazim i aktivno sa kolegama iz MIN-a učestvujem u rešavanju zajedničkih tehničkih problema, kao i radi održavanje nastave na Smeru »Železničkog mašinstva« na Mašinskom fakultetu u Nišu.

Ideja o potrebi da se i kod nas organizuje jedno stručno savetovanje o vozničkih sredstvima bila je prisutna duže vremena i o njoj smo pokojni profesor dr. Stojadin Stojičić i ja često razgovarali. Znajući da su vozna sredstva od posebnog i izvanrednog značaja za rad železnice kao i za mnoga preduzeća i institucije, koje su vezane za problematiku vozničkih sredstava (proizvođači, montereri, naučno-istraživačke institucije, obrazovne ustanove, i dr.),

odlučili smo se da pokrenemo akciju da se ovakvo savetovanje organizuje. Neposredan povod za ovakvu našu odluku bio je i primer jednog veoma uspešnog savetovanja o modernim vozničkih sredstvima, koje se od 1953. godine (pa i danas) održava svake 1,5 godine u Gracu (Austrija) pod nazivom »Moderna šinska vozila« (»Moderne Schienefahrzeuge«) a u organizaciji Tehničkog univerziteta u Gracu i proizvođača šinskih vozila fabrike SGP (Siemering Graz Pauker) iz Graca. Zapitali smo se: zašto i mi to ne bi mogli kod nas da organizujemo?

Odmah smo postavili nekoliko pitanja: kako će se zvati, ko će da organizuje, kako obezbediti sredstva i gda će se održati?

Dugo smo razmatrali kakav naziv da damo, pa smo se na kraju odlučili za naziv »SAVETOVANJE O ŽELEZNIČKOM MAŠINSTVU«. Ovaj naziv smo usvojili zbog toga što na Mašinskom fakultetu u Nišu postoji Smer »ŽELEZNIČKO MAŠINSTVO«, pa smo onda jednostavno uzeli taj naziv. Međutim, treba reći, da se to »**mašinstvo**«, pre svega, odnosi na **vozna sredstva**, uključujući sve one tehničke grane koje su, pored mašinstva, uključene u problematiku vozničkih sredstava: **elektrotehnika, elektronika, tehnologija, i dr.** Naziv »**železničko**« odnosi se ne samo na železnicu kao organizaciju, već i na **proizvođače železničkih vozila, monterere, naučno-**



Slika 1.- Učesnici prvog »Savetovanja o železničkom mašinstvu« održanog 2. i 3. oktobra 1984. godine u Nišu

истраživačke institute, visoko-školske ustanove, dakle, na sve one koji postoje radi železnice i bez kojih železnica ne može a koji, takođe, ne mogu bez železnice.

Što se tiče organizacije Savetovanja, bilo je prvobitno dogovoreno da organizatori budu Mašinski fakultet u Nišu i Zajednica JŽ. Međutim, ipak smo se odlučili da to bude Mašinski fakultet u Nišu i da se Savetovanje održi u Nišu. Razlozi su logični: Niš je veliki železnički i industrijski centar, sa fabrikom lokomotiva i vagona, železničkim remontnim radionicama, a takođe na Mašinskom fakultetu se školuju studenti za železničko mašinstvo, pa bi i sa finansijske i sa organizacione strane bilo najpovoljnije da to bude Mašinski fakultet i da bude u Nišu. S druge strane, sa železnicom bi sve išlo teže, jer je Zajednica JŽ finansijski zavisila od ŽTP-a, pa je odobravanje sredstava bilo skopčano sa odobrenjem svih ŽTP-a.

Na prvom Savetovanju izloženo je 29 stručnih referata uz učešće preko 150 eminentnih stručnjaka jugoslovenskih železnica, domaće industrije šinskih vozila, remontera, mašinskih i elektrotehničkih fakulteta i naučno-istraživačkih ustanova, koje se bave ovom problematikom. Eto tako je to počelo i traje već 18 godina, a ima bezbroj razloga da se i dalje nastavi.

Moram reći da je današnje opšte stanje na železnici i industriji znatno teže nego što je to bilo 1984. godine. Posebno treba istaći da je stanje osnovnih tehničkih sredstava (vozna sredstva i pruge), na kojima počiva obavljanje osnovne delatnosti železnice (prevoz putnika i robe), ispod svakog normalnog tehničkog kriterijuma.

Izvući se iz ove situacije i doći u stanje jednog normalnog rada i privređivanja, neće biti ni malo lak zadatak i posao i pored znatne finansijske pomoći, koje je železnica dobila.

Kao stručnjaka sa dugogodišnjim iskustvom, moj savet bi bio da dalje aktivnosti trebalo da se odvijaju u dve faze:

- U prvoj fazi, odmah pristupiti saniranju voznih sredstava u onoj meri u kojoj je potrebno da obavljaju postojeći obim saobraćaja;
- U drugoj fazi, pristupiti izradi planova i projekata za obnovu voznih sredstava, remontnih i proizvodnih preduzeća u meri koja treba da železnicu približe nivou evropskih železnica, kako bi, s jedne strane, mogle da se ravnopravno uključe u evropski saobraćaj, a s druge strane, da povećaju produktivnost i ostvaruju veće prihode.

Pogrešno je misliti da je dobijanjem povoljnih kredita sada sve rešeno i da će sve samo po sebi krenuti na bolje. Jeste, to je prvi uslov da se počne sa saniranjem. Nije lako obezbediti toliki novac. Bez novca se, naravno, ne može. Međutim, saniranje i dalji razvoj voznih sredstava predstavlja jedan ogroman i veoma složen posao, za koji je, pre svega, potreban **stručni kadar visoke obučenosti i sa velikim iskustvom**, kako bi se u ovoj teškoj situaciji dobijeni novac iskoristio na **najracionalniji** način i kako bi, sa najmanjim ulaganjem novca, ostvarili najbrže rezultate tj. povraćaj uloženog novca i profit. Zbog toga bi železnica i prateća industrija morale da mobilišu sve raspoložive stručne snage.

U ovako teškoj situaciji, u kojoj se svi nalazimo posle desetogodišnjeg propadanja (sankcije, bombardovanja, pogrešnog gazdovanja), mogu se izreći brojne i raznovrsne poruke. Međutim, od svih poruka koje bi mogle da se upute ovom skupu, ono što bih ja izdvojio je nešto što sam u dugogodišnjoj praksi osećao da nam nedostaje, kako na železnici tako i u industriji, a što je naročito potencirano poslednjih godina. To je sledeće:

- **Vozna sredstva imaju prvorazredni značaj za obavljanje osnovne delatnosti u železničkom saobraćaju (prevoz robe i putnika) i zbog svoje složenosti, velike nabavne vrednosti i troškova održavanja, uticaja na bezbednost i ekonomičnost rada, obaveza prema Međunarodnoj uniji železnica (UIC) i međunarodnom saobraćaju, zahtevaju, pre svega, visoko-kvalitetne i tehnički obrazovane kadrove;**
- **Zbog ključne uloge stručnih kadrova u organizovanju i sprovođenju veoma složenih zadataka na saniranju i daljem razvoju voznih sredstava koji predstoje, neophodno je mnogo organizovanije pristupiti mobilizaciji postojećih stručnih kadrova (povećanju discipline i odgovornosti), aktiviranju starih proverenih stručnih kadrova, čije bi iskustvo bilo dragoceno u pomoći mladim stručnjacima, i uključiti nove kvalitetne stručne kadrove, pogotovo što se poslednjih godina posledice smanjenja stručnog kadra osećaju. U tom cilju stručnim kadrovima treba stvoriti povoljnije uslove za rad i sticanje novih znanja a neophodno je i poboljšati njihov materijalni položaj;**
- **Posebno treba istaći učenje i znanje stranih jezika, koji su neophodni za sticanje novih znanja a od izuzetne važnosti su za aktivno uključivanje u rad međunarodnih železničkih organizacija (Međunarodna unija železnica - UIC, Evropski železnički istraživački institut - ERRI), za uspostavljanja poslovnih i ličnih kontakata sa predstavnicima evropskih železničkih uprava i evropskim proizvođačima voznih sredstava i remonterima, za korišćenje strane literature, i dr.;**
- **Obezbediti učešće stručnjacima na međunarodnim i domaćim kongresima i savetovanjima, pretplatiti se na inostrane stručne časopise i omogućiti nabavku stručne literature;**
- **Jednom rečju, briga o kvalitetnim stručnim kadrovima treba da bude jedan neprestani zadatak, jer se dobri stručni kadrovi ne stvaraju preko noći već školovanjem i praksom koje zahteva duži vremenski period.**

Na kraju, svim učesnicima ovogodišnjeg skupa želim uspeha u radu a organizatorima da i dalje ovaj stručni skup ovako dobro organizuju.

ОД ПРВОГ ДО ДЕСЕТОГ СКУПА ЖЕЛЕЗНИЧКО МАШИНСТВО

Душан Стаменковић

Пошто је ово десето - јубиларно окупљање научног и стручног кадра у области развоја, конструисања, производње, испитивања, одржавања и експлоатације железничких возила у Нишу, прилика је да се подсетимо протеклих скупова.

Први скуп је одржан 2. и 3. октобра 1984. године под називом "САВЕТОВАЊЕ О ЖЕЛЕЗНИЧКОМ МАШИНСТВУ" у организацији Машинског факултета Универзитета у Нишу и Машинске индустрије Ниш а поводом сто година постојања железнице у Србији и сто година рада Машинске индустрије Ниш. Основна порука овог Саветовања је била да је неопходно више

координације и пословне сарадње између железнице, произвођача, ремонтера, високо-школских и научно-истраживачких установа. Председник организационог одбора је био професор Стојадин Стојичић. Изложено је 29 стручних реферата уз присуство око 150 учесника. Том приликом, сви учесници скупа су се сложили да је овакав вид саветовања користан и да се надаље одржава у Нишу сваке друге године под називом "Југословенско Саветовање о возним средствима". Већи број радова, изложених на скупу, је објављен у часопису "Железнице".



Слика 1. Учесници Првог саветовања о железничком машинству у посети Машинској индустрији Ниш

Друго југословенско саветовање о железничком машинству, у организацији Машинског факултета Ниш и Машинске индустрије Ниш, одржано је 2. и 3. октобра 1986. године. Радови који су изложени односе се на конструкције возила која су у то време произведена за нашу железницу, на савремене методе одржавања, на примену нових материјала и на савремене приступе пројектовању возила. Председник организационог одбора је био професор Стојадин Стојичић. Известан број радова са скупа је објављен у часопису "Железнице".

Треће југословенско саветовање о железничком

машинству одржано је 29. и 30. септембра 1988. године. Машински факултет из Ниша и Машинска индустрија Ниш и овог пута су били организатори скупа а организацију су помогли произвођачи шинских возила и опреме из Југославије. Председник организационог одбора је био професор Стојадин Стојичић. Поред учесника из земље на саветовању су учествовали и гости из Бугарске. Радови са скупа су објављени у часопису "Железнице".

Четврти научно-стручни скуп о железничком машинству одржан је 4. и 5. октобра 1990. године у сали Универзитета у Нишу. Машински факултет из

¹ др Душан Стаменковић, Машински факултет Ниш, Београдска 14, dusans@masfak.ni.ac.yu

Ниша и Машинска индустрија Ниш су организовали скуп, председник организационог одбора је био професор Стојадин Стојичић, а произвођачи шинских возила и опреме из земље су и овог пута помогли одржавање скупа. Скуп је окупио бројне стручњаке из свих крајева земље (СФРЈ) а учествовали су и стручњаци из Бугарске и Чехословачке. Радови са скупа су објављени у часопису "Железнице".

Пети научно-стручни симпозијум о железничком машинству одржан је 1. и 2. октобра 1992. године у организацији Машинског факултета из Ниша. Председник организационог одбора је био професор Ранђел Богдановић. Одржавање скупа су финансијски помогли МИН Ниш, "Братство" Суботица и "Херој Срба" Смедерево. С обзиром да су тада уведене економске санкције, на скупу није било представника из иностранства. Радови са скупа су објављени у часопису "Железнице".

Шести научно-стручни симпозијум ТЕХНИКА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА одржан је 5. октобра 1994. године у организацији Машинског факултета из Ниша. Председник организационог одбора је био професор Ранђел Богдановић. Покровитељ скупа је био ЖТП "Београд". Одржавање скупа су финансијски помогли Савезно Министарство за науку, технологију и развој, МИН Ниш, ГОША Смедеревска Паланка, МИНЕЛ Београд, "Херој Срба" Смедерево и Фабрика вагона Краљево. Радови са скупа су објављени у часопису "Железнице".

Интернационални Седми научно стручни симпозијум ТЕХНИКА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА –

ЖЕЛЕЗНИЧКО МАШИНСТВО је одржан 1. и 2. октобра 1996. године у организацији Машинског факултета из Ниша. Председник организационог одбора је био професор Ранђел Богдановић. Покровитељи скупа су били Заједница ЈЖ, ЖТП Београд, ЛПЖ Црне Горе, МИН Ниш и Скупштина града Ниша. Спонзори скупа су били ЦИП Београд, ЖЕЛВОЗ Смедерево, ГОША Смедеревска Паланка, Фабрика вагона Краљево, БРАТСТВО Суботица, МИНЕЛ Београд, ШИНВОЗ Зрењанин, ЕИ Ниш, Ливница Кикинда, ФИАЗ Прокупље и "Прва петолетка" Трстеник. Радови са скупа су објављени у Зборнику радова. Поред домаћих стручњака, учествовали су и аутори из Бугарске.

Интернационални Осми научно стручни симпозијум ТЕХНИКА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА – ЖЕЛЕЗНИЧКО МАШИНСТВО је одржан 29. и 30. октобра 1998. године у организацији Машинског факултета из Ниша. Председник организационог одбора је био професор Славко Кепција. Покровитељи скупа су били Савезно и Републичко министарство за саобраћај, Скупштина града Ниша, Заједница ЈЖ, ЖТП Београд, ЛПЖ Црне Горе и ЦИП Београд. Спонзори скупа су били МИН Ниш, ЖЕЛВОЗ Смедерево, ГОША Смедеревска Паланка, Фабрика вагона Краљево, БРАТСТВО Суботица, МИНЕЛ Београд, ШИНВОЗ Зрењанин и РШВ Ћуприја. Радови са скупа су објављени у Зборнику радова. Поред 72 учесника са радовима из земље, учествовало је десет аутора из Бугарске.



Слика 2. Учесници скупа Техника железничких возила 2000. године

Девети научно стручни симпозијум ТЕХНИКА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА 2000 одржан је 26. и 27. октобра у организацији Машинског факултета из Ниша.

Председник организационог одбора је био доцент Радисав Вукадиновић. Покровитељи скупа су били Савезно и Републичко министарство за саобраћај,

Министарство за науку, развој и технологије Србије, Скупштина града Ниша, Заједница ЈЖ, ЖТП Београд, ЈПЖ Црне Горе и МИН Ниш. Спонзори скупа су били Заједница ЈЖ, ЦИП Београд, ЖЕЛВОЗ Смедерево, ГОША Смедеревска Паланка, Фабрика вагона Краљево, БРАТСТВО Суботица, МИНЕЛ Београд, ШИНВОЗ Зрењанин, Ливница Кикинда, Ливница Пожега, и Електроремонт Суботица. Радови са скупа су објављени у Зборнику радова. Поред учесника из земље на скупу су били и гости из суседних земаља (Бугарска, и Македонија).

Десета Конференција ЖЕЛЕЗНИЧКО МАШИНСТВО

Табела 1. Подаци о учесницима и радовима на одржаним скуповима Железничко машинство

| Редни број скупа | Година одржавања скупа | Број радова | Број учесника са радовима |
|------------------|------------------------|-------------|---------------------------|
| I | 1984. | 29 | 30 |
| II | 1986. | 34 | 39 |
| III | 1988. | 36 | 50 |
| IV | 1990. | 21 | 31 |
| V | 1992. | 46 | 55 |
| VI | 1994. | 38 | 48 |
| VII | 1996. | 49 | 56 |
| VIII | 1998. | 47 | 82 |
| IX | 2000. | 48 | 78 |
| X | 2002. | 46 | 82 |

С обзиром да је целокупно стање у нашој земљи у периоду последњих осамнаест година било углавном неповољно за развој железнице и привреде то су се наши скупови често бавили опоравком и указивањем праваца за унапређење постојећег, углавном, лошег стања. На свих десет скупова изложена су укупно 394 рада.

одржава се 24. и 25. октобра у организацији Машинског факултета из Ниша. Председник организационог одбора је доцент Душан Стаменковић. Покровитељи су Министарство за науку, технологије и развој Републике Србије, Савезно Министарство за развој, науку и животну средину и Скупштина града Ниша. Генерални спонзори су ЖТП "Београд" и Машинска индустрија Ниш. Одржавање скупа су помогли и ТИГАР Пирот, БРАТСТВО Суботица, Институт "Кирило Савић", ЦИП Београд и ГОША Смедеревска Паланка.

Без обзира на околности у којима су се скупови одвијали, учесници су увек исказивали велику вољу, ентузијазам и приврженост железници. Машински факултет Универзитета у Нишу жели да скуп ЖЕЛЕЗНИЧКО МАШИНСТВО и у наредном периоду буде место где ће се састајати стручњаци из области железничких возила, размењивати своја искуства, износити проблеме, презентирати своја достигнућа и добијати надахнуће за даљи рад.

ОД ПРВОГ ДО ДЕСЕТОГ СКУПА ЖЕЛЕЗНИЧКО МАШИНСТВО

Душан Стаменковић

Пошто је ово десето - јубиларно окупљање научног и стручног кадра у области развоја, конструисања, производње, испитивања, одржавања и експлоатације железничких возила у Нишу, прилика је да се подсетимо протеклих скупова.

Први скуп је одржан 2. и 3. октобра 1984. године под називом "САВЕТОВАЊЕ О ЖЕЛЕЗНИЧКОМ МАШИНСТВУ" у организацији Машинског факултета Универзитета у Нишу и Машинске индустрије Ниш а поводом сто година постојања железнице у Србији и сто година рада Машинске индустрије Ниш. Основна порука овог Саветовања је била да је неопходно више

координације и пословне сарадње између железнице, произвођача, ремонтера, високо-школских и научно-истраживачких установа. Председник организационог одбора је био професор Стојадин Стојичић. Изложено је 29 стручних реферата уз присуство око 150 учесника. Том приликом, сви учесници скупа су се сложили да је овакав вид саветовања користан и да се надаље одржава у Нишу сваке друге године под називом "Југословенско Саветовање о возним средствима". Већи број радова, изложених на скупу, је објављен у часопису "Железнице".



Слика 1. Учесници Првог саветовања о железничком машинству у посети Машинској индустрији Ниш

Друго југословенско саветовање о железничком машинству, у организацији Машинског факултета Ниш и Машинске индустрије Ниш, одржано је 2. и 3. октобра 1986. године. Радови који су изложени односе се на конструкције возила која су у то време произведена за нашу железницу, на савремене методе одржавања, на примену нових материјала и на савремене приступе пројектовању возила. Председник организационог одбора је био професор Стојадин Стојичић. Известан број радова са скупа је објављен у часопису "Железнице".

Треће југословенско саветовање о железничком

машинству одржано је 29. и 30. септембра 1988. године. Машински факултет из Ниша и Машинска индустрија Ниш и овог пута су били организатори скупа а организацију су помогли произвођачи шинских возила и опреме из Југославије. Председник организационог одбора је био професор Стојадин Стојичић. Поред учесника из земље на саветовању су учествовали и гости из Бугарске. Радови са скупа су објављени у часопису "Железнице".

Четврти научно-стручни скуп о железничком машинству одржан је 4. и 5. октобра 1990. године у сали Универзитета у Нишу. Машински факултет из

¹ др Душан Стаменковић, Машински факултет Ниш, Београдска 14, dusans@masfak.ni.ac.yu

Ниша и Машинска индустрија Ниш су организовали скуп, председник организационог одбора је био професор Стојадин Стојичић, а произвођачи шинских возила и опреме из земље су и овог пута помогли одржавање скупа. Скуп је окупио бројне стручњаке из свих крајева земље (СФРЈ) а учествовали су и стручњаци из Бугарске и Чехословачке. Радови са скупа су објављени у часопису "Железнице".

Пети научно-стручни симпозијум о железничком машинству одржан је 1. и 2. октобра 1992. године у организацији Машинског факултета из Ниша. Председник организационог одбора је био професор Ранђел Богдановић. Одржавање скупа су финансијски помогли МИН Ниш, "Братство" Суботица и "Херој Срба" Смедерево. С обзиром да су тада уведене економске санкције, на скупу није било представника из иностранства. Радови са скупа су објављени у часопису "Железнице".

Шести научно-стручни симпозијум ТЕХНИКА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА одржан је 5. октобра 1994. године у организацији Машинског факултета из Ниша. Председник организационог одбора је био професор Ранђел Богдановић. Покровитељ скупа је био ЖТП "Београд". Одржавање скупа су финансијски помогли Савезно Министарство за науку, технологију и развој, МИН Ниш, ГОША Смедеревска Паланка, МИНЕЛ Београд, "Херој Срба" Смедерево и Фабрика вагона Краљево. Радови са скупа су објављени у часопису "Железнице".

Интернационални Седми научно стручни симпозијум ТЕХНИКА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА –

ЖЕЛЕЗНИЧКО МАШИНСТВО је одржан 1. и 2. октобра 1996. године у организацији Машинског факултета из Ниша. Председник организационог одбора је био професор Ранђел Богдановић. Покровитељи скупа су били Заједница ЈЖ, ЖТП Београд, ЈПЖ Црне Горе, МИН Ниш и Скупштина града Ниша. Спонзори скупа су били ЦИП Београд, ЖЕЛВОЗ Смедерево, ГОША Смедеревска Паланка, Фабрика вагона Краљево, БРАТСТВО Суботица, МИНЕЛ Београд, ШИНВОЗ Зрењанин, ЕИ Ниш, Ливница Кикинда, ФИАЗ Прокупље и "Прва петолетка" Трстеник. Радови са скупа су објављени у Зборнику радова. Поред домаћих стручњака, учествовали су и аутори из Бугарске.

Интернационални Осми научно стручни симпозијум ТЕХНИКА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА – ЖЕЛЕЗНИЧКО МАШИНСТВО је одржан 29. и 30. октобра 1998. године у организацији Машинског факултета из Ниша. Председник организационог одбора је био професор Славко Кепција. Покровитељи скупа су били Савезно и Републичко министарство за саобраћај, Скупштина града Ниша, Заједница ЈЖ, ЖТП Београд, ЈПЖ Црне Горе и ЦИП Београд. Спонзори скупа су били МИН Ниш, ЖЕЛВОЗ Смедерево, ГОША Смедеревска Паланка, Фабрика вагона Краљево, БРАТСТВО Суботица, МИНЕЛ Београд, ШИНВОЗ Зрењанин и РШВ Ћуприја. Радови са скупа су објављени у Зборнику радова. Поред 72 учесника са радовима из земље, учествовало је десет аутора из Бугарске.



Слика 2. Учесници скупа Техника железничких возила 2000. године

Девети научно стручни симпозијум ТЕХНИКА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА 2000 одржан је 26. и 27. октобра у организацији Машинског факултета из Ниша.

Председник организационог одбора је био доцент Радисав Вукадиновић. Покровитељи скупа су били Савезно и Републичко министарство за саобраћај,

Министарство за науку, развој и технологије Србије, Скупштина града Ниша, Заједница ЈЖ, ЖТП Београд, ЈПЖ Црне Горе и МИН Ниш. Спонзори скупа су били Заједница ЈЖ, ЦИП Београд, ЖЕЛВОЗ Смедерево, ГОША Смедеревска Паланка, Фабрика вагона Краљево, БРАТСТВО Суботица, МИНЕЛ Београд, ШИНВОЗ Зрењанин, Ливница Кикинда, Ливница Пожега, и Електроремонт Суботица. Радови са скупа су објављени у Зборнику радова. Поред учесника из земље на скупу су били и гости из суседних земаља (Бугарска, и Македонија).

Десета Конференција ЖЕЛЕЗНИЧКО МАШИНСТВО

Табела 1. Подаци о учесницима и радовима на одржаним скуповима Железничко машинство

| Редни број скупа | Година одржавања скупа | Број радова | Број учесника са радовима |
|------------------|------------------------|-------------|---------------------------|
| I | 1984. | 29 | 30 |
| II | 1986. | 34 | 39 |
| III | 1988. | 36 | 50 |
| IV | 1990. | 21 | 31 |
| V | 1992. | 46 | 55 |
| VI | 1994. | 38 | 48 |
| VII | 1996. | 49 | 56 |
| VIII | 1998. | 47 | 82 |
| IX | 2000. | 48 | 78 |
| X | 2002. | 46 | 82 |

С обзиром да је целокупно стање у нашој земљи у периоду последњих осамнаест година било углавном неповољно за развој железнице и привреде то су се наши скупови често бавили опоравком и указивањем праваца за унапређење постојећег, углавном, лошег стања. На свих десет скупова изложена су укупно 394 рада.

одржава се 24. и 25. октобра у организацији Машинског факултета из Ниша. Председник организационог одбора је доцент Душан Стаменковић. Покровитељи су Министарство за науку, технологије и развој Републике Србије, Савезно Министарство за развој, науку и животну средину и Скупштина града Ниша. Генерални спонзори су ЖТП "Београд" и Машинска индустрија Ниш. Одржавање скупа су помогли и ТИГАР Пирот, БРАТСТВО Суботица, Институт "Кирило Савић", ЦИП Београд и ГОША Смедеревска Паланка.

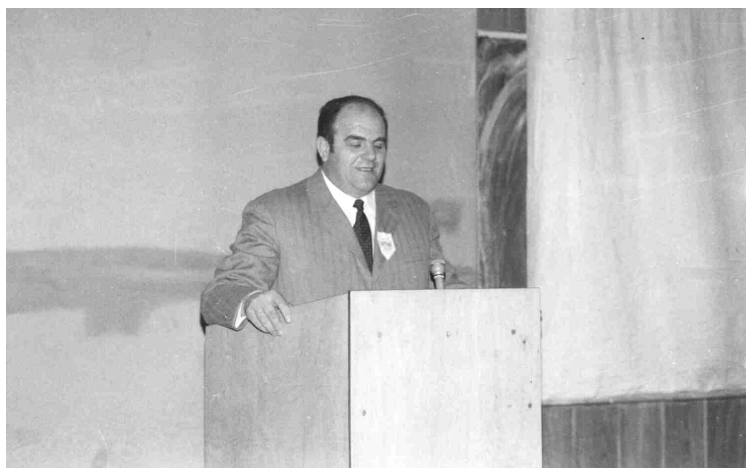
Без обзира на околности у којима су се скупови одвијали, учесници су увек исказивали велику вољу, ентузијазам и приврженост железници. Машински факултет Универзитета у Нишу жели да скуп ЖЕЛЕЗНИЧКО МАШИНСТВО и у наредном периоду буде место где ће се састајати стручњаци из области железничких возила, размењивати своја искуства, износити проблеме, презентирати своја достигнућа и добијати надахнуће за даљи рад.

ŽIVOT I RAD PROFESORA STOJADINA STOJIČIĆA – OSNIVAČA KONFERENCIJE ŽELEZNIČKO MAŠINSTVO

Stojan Stamenković

Profesor dr Stojadin Stojičić rođen je 23.09.1930. godine u Jelašnici kod Vranja. Osnovnu školu završio je u rodnom mestu, a gimnaziju je učio u Leskovcu i Vranju. Kao odličan učenik bio je oslobođen polaganja maturalnog ispita. Po završetku gimnazije upisao je studije na Mašinskom fakultetu u Beogradu. Studije mašinstva završio je 1957. godine, na železničkom odseku, odbranivši diplomski rad iz predmeta Železnička vozila. Doktorsku

disertaciju pod nazivom "Optimizacija konstrukcije čeonog dela postolja teretnih vozila u sadašnjim uslovima eksploatacije, kao i u uslovima posle ugradnje automatskog kvačila" odbranio je 1977. godine na Mašinskom fakultetu u Nišu. Poznavanje i korišćenje nemačkog, francuskog i ruskog jezika značajno mu je doprinelo uspešnom stručnom i naučnom usavršavanju. Profesor Stojadin Stojičić preminuo je 13.06.1991. u 62. godini života.



Slika 1. Profesor Stojadin Stojičić na otvaranju prvog Savetovanja o železničkom mašinstvu

Svoju bogatu i veoma uspešnu profesionalnu karijeru započeo je 1957. godine kao inženjer-projektant u fabrici vagona "GOŠA" iz Smederevske Palanke. Od 1962. godine, radi u Beogradu kao vodeći projektant u tehničkom birou Mašinske industrije iz Niša. Za docenta na Tehničkom fakultetu u Nišu izabran je 1965. godine na predmetu Konstrukcija vagona, a već 1966. godine izabran je za starešinu Mašinskog odseka. Velika upornost, odgovornost i entuzijazam su vrline koje su krasile životni put profesora Stojičića. Zahvaljujući, pored ostalih, i ovim kvalitetima, profesor Stojičić je 1967. godine izabran za člana Izvršnog odbora Zajednice mašinskih fakulteta i viših mašinskih škola Srbije, a 1968. godine i za člana Izvršnog odbora Zajednice mašinskih fakulteta Jugoslavije. Za vanrednog profesora Tehničkog fakulteta u Nišu izabran je 1970. godine, a za redovnog profesora Mašinskog fakulteta u Nišu 1978. godine. U međuvremenu, u jednom izbornom mandatu – od 1973. do 1975. godine obavljao je posao dekana Mašinskog fakulteta, kao i člana Saveta Univerziteta u Nišu i člana Komisije Saveta Univerziteta za investicije. Profesor Stojičić je formirao program i organizovao nastavu na smeru Železničko mašinstvo na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Nišu. Ovo su samo neki važniji aspekti veoma uspešne profesionalne karijere, a gotovo je

nemoguće nabrojati sve njegove aktivnosti koje i te kako zaslužuju odgovarajuću pažnju: bio je član Komisije JŽ za kočnice od njenog osnivanja, član Jugoslovenske komisije za vagona pri SEV-u, saradnik Mašinske industrije na razvoju i projektovanju šinskih vozila, predsednik delegacije za privredu i infrastrukturu Mašinskog fakulteta, član programskih i organizacionih odbora mnogih naučnih skupova u zemlji i inostranstvu itd.

Za ime profesora Stojičića vezan je i nastanak simpozijuma o železničkom mašinstvu. Naime, prvi ovakav simpozijum održan je 1984. godine u Nišu, a glavni inicijator i organizator bio je upravo profesor Stojičić. Od tog trenutka, pa sve do kraja svog života, bio je organizator i aktivni učesnik svih simpozijuma. Naprosto, simpozijum o železničkom mašinstvu se nije mogao zamisliti bez njegovog učešća.

Profesor Stojičić učestvovao je u velikom broju naučno-istraživačkih, inovacionih i razvojnih projekata od velikog značaja za razvoj železničkog saobraćaja, a u mnogim renomiranim međunarodnim i domaćim časopisima (publikacijama) objavio je preko 70 radova. Od tog broja, ovom prilikom biće citirani naslovi samo nekih od njih (značajnijih po mišljenju autora ovog članka):

- Izrada četvero specijalnih kola iz garniture "Plavog voza".
- Izrada prototipa i probne serije putničkih UIC kola tipa "X".
- Izrada prototipa UIC kola tipa "Y".
- Rekonstrukcija obrtnih postolja tipa "Gerlitz" i izrada novog sistema ogibljenja u cilju poboljšanja mirnoće hoda vozila.
- Projektovanje prve domaće dizel-hidraulične lokomotive snage 1500 KS proizvedene u MIN-u.
- Tehnološki proces za izradu obrtnih postolja za putnička kola tipa "Gerlitz" u "GOŠI" (sa ing. M. Gavrilovićem).
- Projekat četveroosovinskog zatvorenog teretnog Gas vagona (sa ing. M. Georgijevim, ing. M. Žitkovićem, ing. O. Todorovićem i ing. V. Konstadinovićem).
- Projekat četveroosovinske cisterne za prevoz mazuta, zapremine $V=49m^3$ (sa ing. M. Živkovićem i ing. C. Todorovim).
- Projekat četveroosovinskog specijalnog vagona za prevoz cementa $V=36m^3$ (sa ing. M. Živkovićem i ing. B. Micakovićem).
- Projekat četveroosovinske cisterne za prevoz tečnih gasova: propana, butana itd. Zapremine $V=60m^3$ (sa ing. M. Živkovićem i ing. V. Micakovićem).
- Projekat četveroosovinske cisterne za prevoz tečnog propana, butana i sl. zapremine $V=103m^3$ (sa ing. Nž. Krunicem).
- Rad na projektu šestoosovnog specijalnog plato vagona nosivosti 100 za rudarsko tipioničarski bazen Bor.
- Projekat olakšane cisterne za prevoz tečnih gasova $V=103m^3$ za "Naftagas" (primenjen novi tip postolja i oslanjanja rezervoara).
- Projekat četveroosovinskog zatvorenog vagona sa pokretnim krovom za grčke železnice (sa ing. M. Srečkovićem i ing. M. Živkovićem).
- Idejni projekat cisterne za prevoz "tečnih gasova" $V=110m^3$ za holandske železnice.
- Idejni projekat cisterne za prevoz benzina zapremine $V=88m^3$ za nemačke železnice.
- Projekat specijalnog četveroosovinskog vagona samoistresača za prevoz lignita $V=86m^3$ za Bugarsku.
- Projekat specijalnog četveroosovinskog vagona sa pokretnim krovom za prevoz rstresitog materijala (kalcinisane sode) zapremine $V=66m^3$.



Slika 2. Profesor Stojičić pored dizelhidraulične lokomotive 1500 KS 1971.godine

Profesor dr Stojadin Stojičić bio je i mentor dve doktorske disertacije i tri magistarska rada iz oblasti železničkog mašinstva.

Doktorske disertacije:

- Krstić Aleksandar: "Istraživanje nove vrste mehaničkog prenosnika snage za dizel motornu vuču", 1979.
- Bogdanović Randel: "Prilog istraživanju upotrebe sendvič konstrukcije u nosećoj strukturi šinskih vozila", 1983.

Magistarski radovi:

- Mickić Živka: "Zaustavni put i zaustavno vreme teretnih kola", 1982.
- Stamenković Stojan: "Zaustavni put i zaustavno vreme putničkih kola", 1988.
- Popović Miodrag: "Optimizacija glavnog poprečnog nosača teretnih kola", 1991.

Ovako odgovoran i uspešan rad profesora Stojičića je ostavio duboke tragove, ne samo u svojim kolektivima gde je radio, već i kod mnogo šire javnosti. To dokazuju mnogobrojne nagrade i priznanja koje je dobio:

- ❑ Za rad na projektovanju "DHL 1500" nagrađen je Oktobarskom nagradom grada Niša 1964. godine.
 - ❑ Spomen plaketa Tehničkog fakulteta u Nišu 1970. god.
 - ❑ Za rad na uspostavljanju saradnje i saradnju između Mašinskog odseka i Mašinskog fakulteta Politehnike u Krakovu, Savet Politehnike dodelio mu je povelju počasnog člana Politehnike.
 - ❑ Za rad na razvoju konstrukcija teretnih vagona odlikovan je Ordenom rada sa srebrnim vencem 04.12.1972. godine.
 - ❑ Oktobra 1975. godine dobio je po drugi put oktobarsku nagradu grada Niša za rad na projektovanju "Kiper" vagona.
 - ❑ Krajem 1977. godine Institut "Djuro Djaković" iz Slavenskog broda dodelio mu je priznanje za izvanredno zalaganje i međusobnu saradnju na ispitivanju železničkih vozila.
 - ❑ Mala plaketa Univerziteta u Nišu.
 - ❑ Veće saveza sindikata Opštine Niš dodelilo mu je priznanje "1 maj" 1979. god.
 - ❑ Privredna komora Jugoslavije dodelila je nagradu za ostvarene rezultate u provredi 1979. god.
 - ❑ Građevinski fakultet dodelio je povelju za doprinos razvoju građevinskog fakulteta 1980. god.
 - ❑ Srebrna plaketa Saveta Mašinskog fakulteta u Nišu 1980. god.
 - ❑ Zlatna plaketa Saveta Mašinskog fakulteta u Nišu 1985. god.
- Organizacijom skupa Železničko Mašinstvo, sledbenici dela profesora Stojičića, na najbolji način, odaju priznanje i poštovanje neizmernom radu profesora Stojadina Stojičića i iskazuju privrženost ideji koju je on pokrenuo 1984. godine.

PERSPEKTIVA RAZVOJA TERETNIH KOLA

S. Stojičić¹

1. UVOD

Permanentna modernizacija Jugoslovenskih železnica ima za cilj u prvom redu da osposobi železnice da efikasno i na vreme odgovore rastućim zahtevima naše privrede, zahtevima tranzita i sve strožim zahtevima Međunarodne unije železnica (UIC) u međunarodnom saobraćaju.

Tendencija razvoja železničkog međunarodnog i unutrašnjeg transporta ide ka povećanju brzine kretanja vozova, povećanju osovinskog opterećenja, povećanju nosivosti kola, povećanju težina vozova, povećanju sigurnosti i bezbednosti kretanja vozova i dr., što od naših železnica zahteva da blagovremeno pripremi i osposobi pruge i vozni park za nove uslove saobraćaja.

Samo modernizovane Jugoslovenske železnice mogu se uspešno suprostaviti sve oštrijoj konkurenciji drumskog i vazdušnog saobraćaja. Rekonstrukcijom starih puteva i gradnjom novih magistrala u Jugoslaviji dužina puteva sa dobrim kolovozom svakim danom je sve veća, što pored drugih uslova (proizvodnja drumskih vozila, motora i druge opreme, preduzeća za remont i dr.) čini osnov za neobično brz razvoj drumskog saobraćaja kod nas. Takođe je i flota domaćeg aero-transporta sve veća i savremenija.

Veliki korak u automatizaciji i racionalizaciji železničkog transporta evropske i Jugoslovenske železnice učinile uvođenjem automatskog kvačila, koje je razvijeno, ispitano, usvojeno od UIC i spremno za serijsku proizvodnju. Ugradnjom automatskog kvačila železničke uprave konačno eliminišu ručno kvačenje, koje je danas jedan od najopasnijih poslova na železnici. Automatsko kvačilo UIC moći će direktno da se kvači sa automatskim kvačilom OSShD (istočna Evropa), a oba ova kvačila moći će, takođe, direktno da se kvače sa sovjetskim automatskim kvačilom SA-3. Evropske železnice su prelazak na automatsko kvačilo predvidele za period 1983 - 1985. godine, međutim, zbog finansijskih teškoća sa kojima se bore sve železnice Evrope, rok je odložen za posle 1990. godine.

Imajući u vidu značaj železničkog transporta za razvoj Jugoslovenske privrede, mogućnosti masovnog prevoza robe i putnika u same centre naših gradova, cenu prevoza u uslovima energetske krize, sigurnost blagovremenog dotura robe i drugo, naš Dugoročni program ekonomske stabilizacije određuje i odgovarajuće mesto i razvoj naših železnica u budućnosti.

Jugoslovenske železnice čine stalne napore da osavremene svoj vozni park i održe korak sa naprednim železničkim upravama Evrope. Posebnu pažnju pri tom

poklanjaju svom teretnom kolskom parku, koji im donosi glavni deo prihoda

Radi toga, odnosno radi uključivanja naših teretnih kola u međunarodni saobraćaj, u gradnji teretnih kola ne samo da se strogo poštuju propisi Međunarodne unije [UIC] i budno prati rad na razvoju u naprednim železničkim upravama i inostranim preduzećima već se u našim fabrikama vagona i u JŽ ulaže dosta truda i sredstava u sopstveni razvoj, tako da su naše konstrukcije teretnih kola po koncepciji, tehnologiji izrade, kvaliteta, težini i opremljenosti na evropskom nivou. Da bi se održao i pratio evropski nivo, nužno je da u razvoj vagonogradnje i železnice i fabrike vagona ulažu mnogo više nego što su do sada.

Teretni kolski park ne zadovoljava u potpunosti potrebe naše privrede, pa su JŽ prinuđene da iznajmljuju inostrana teretna kola.

Broj teretnih kola JŽ je 1973. iznosio 55.709, zatim se smanjivao sve do 1978. godine, kada je iznosio 47.328. da bi dalje neznatno rastao i 1983. iznosio 49.179. U tom periodu su naše železnice zamenjivale dotrajala dvoosovinska, uglavnom, četvoosovinskim kolima daleko većeg kapaciteta, tako da se prosečna starost kolskog parka stalno smanjivala i u 1979. godini iznosila 16,8 godina.

Paralelno sa promenama brojnosti kolskog parka menjao se i obim izvršenog rada i po kolskim i po osovinskim kilometrima.

Realno je očekivati da će se u narednom periodu teretni kolski park povećavati i po broju i po tipovima, u protivnom JŽ neće moći da odgovore zahtevima korisnika.

2. MATERIJALI

Jedan od stalnih zadataka u gradnji železničkih vozila je smanjivanje njihove težine primenom kvalitetnijih materijala i iznalaženjem pogodnijih konstrukcionih oblika.

Naša vagonogradnja za konstrukcije teretnih kola danas uglavnom koristi ugljenični čelik zatezne čvrstoće 500 N/mm² (Č.0561Cu). ređe čelik zatezne čvrstoće 370 N/mm² (Č.0361Cu). Ovi čelici imaju garantovan hemijski sastav, zateznu čvrstoću, granicu razvlačenja, izduženje, savijanje u hladnom stanju, i žilavost na +20°C, umireni su, pa imaju povećanu otpornost na krti lom pri niskim temperaturama. Sadrže 0,25-0,40% bakra, koji im daje otpornost na koroziju u atmosferskim uslovima. Lako se zavaruju i lako obrađuju savijanjem na presama, a u pogledu prijanjanja boja ne zaostaju za običnim ugljeničnim čelicima. I u bliskoj budućnosti ovi čelici će biti osnovni materijal za

¹ Prof. dr Stojadin Stojičić dipl. maš. ing., Mašinski fakultet Niš, Rad objavljen na prvom simpozijumu 1984. godine

izradu nosećih konstrukcija teretnih kola.

Jugoslovenska crna metalurgija (Železara »Jesenice« osvojila je proizvodnju finoznih čelika sa visokom granicom razvlačenja, sa poboljšanim antikorozivnim i abrazivnim svojstvima i garantovanom žilavošću na niskim temperaturama [i do -60°C).

Finozmi čelici su potpuno umireni čelici, dobijeni u SM ili elektropečima. To su čelici koji imaju povišenu granicu razvlačenja i otpornost prema krtom lomu i na nižim temperaturama. Mogu se obrađivati deformacijom i na hladno i na toplo bez slabljenja mehaničkih osobina. Pogodni su za zavarivanje po svim postupcima, ručno ili mašinski, uz poštovanje pravila za zavarivanje plemenitih čelika i uputstava proizvođača.

Sa ovim materijalima pruža se mogućnost daljeg sniženja sopstvene težine kola. Za sada njihovu širu primenu ograničava visoka cena. Međutim, ubuduće treba očekivati veću primenu finoznih čelika u nosećoj strukturi kola.

Naša zemlja je izgradila značajne kapacitete za proizvodnju aluminijuma i njegovih legura. Imajući ovo u vidu, fabrike vagona i konstruktori čine napore da ove materijale primene i za izradu noseće konstrukcije i teretnih i putničkih kola. Pored toga, osobine aluminijuma i njegovih legura (dovoljno visoka mehanička svojstva, postojanost na koroziju i mala težina) krče put njihovoj primeni u vagonogradnji. Primenom ovih materijala postiže se znatno olakšanje kola, tako da visoka cena aluminijuma (oko tri puta veća od čelika) ne predstavlja danas nepremostivu prepreku.

Sve do sredine 60. godina gradile su se zakovane aluminijumske konstrukcije, jer se tadašnje Al-legure (AlMgSi) nisu mogle zavarivati zbog toga što su posle izlaganja visokim temperaturama gubile u znatnoj meri svoje mehaničke osobine. Sredinom 60-tih godina razvijene su Al-legure (AlZnMg), koje su posedovale osobinu samootvrdnjavanja, tj. na temperaturi zavarivanja i one su gubile svoje mehaničke osobine, koje su se posle izvesnog vremena same - bez dodatnih postupaka - vraćale gotovo na prvobitni nivo.

Na široku primenu Al-legura u nosećoj strukturi vozila bitan uticaj je imala i konstruktivna koncepcija same noseće strukture. U početku je jedini noseći element vozila bilo postolje, te Al-legure zbog svojih fizičkih osobina nisu mogle uspešno da zamene čelik. Sa uvođenjem »samnoseće« konstrukcije, Al-legure se probijaju u samnoseću strukturu vozila, ali se još uvek po ceni ne mogu uspešno suprotstaviti čeliku. Tek sa pojavom »integralne« konstrukcije dolaze do punog izražaja prednosti Al-legura, pa one danas mogu uspešno da konkurišu čeliku i po ceni.

Za uspešnu primenu Al-legura u našoj vagonogradnji nužno je Al-industriju osposobiti za proizvodnju velikih Al-profila, praktično bilo kakvog preseka (danas u svetu do 650 mm opisanog kruga). Veliki profili od aluminijumskih legura omogućili su i stvaranje »integralne« konstrukcije, tj. lake i sigurne konstrukcije vozila sa minimalnim zavarivačkim i bravarskim radovima.

U narednom periodu treba očekivati i prodor plastičnih materijala u gradnji kola, i to u početku za izradu raznih sklopova (vrata, pokretnih skretnica, krovova, kapaka, ukrasnih delova itd.), a kasnije i same noseće strukture.

Proizvođači boja i izolacionih materijala poslednjih 20

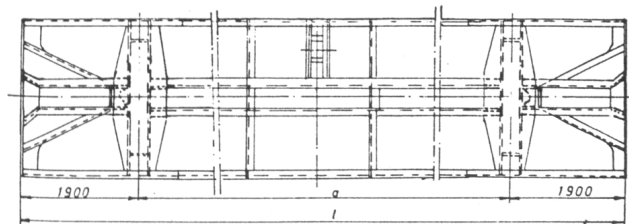
godina načinili su vidan napredak u izradi novih vrsta materijala i poboljšanju njihovog kvaliteta. Primena premaznih sredstava prerasla je za to vreme od zanatske u projektovanu tehnološku. Istraživački radovi u tom smislu se nastavljaju i dalje.

3. NOSEĆA KONSTRUKCIJA

Naši konstruktori u novim konstrukcijama teretnih kola sve više primenjuju principe »lake gradnje« tako da ćemo se ubuduće sve češće sretati sa rešenjima u kojima se koriste iskustva stečena u gradnji putničkih kola i aviona. Ulažu se veliki naponi da se izgrade racionalne konstrukcije što manjih sopstvenih težina, što većih kapaciteta i nosivosti, kako bi njihova eksploatacija bila ekonomičnija. Ovom će mnogo doprineti računari, čija će primena u projektovanju teretnih kola biti sve veća, što će omogućiti uzimanje u obzir i onih uticaja koji su do sada, zbog složenosti posla, bili izostavljani. Rezultati proračuna biće tačniji a iskorišćenje mehaničkih osobina materijala potpunije.

Konstrukcije teretnih kola sve više će se prilagođavati mehanizovanom utovaru i istovaru, što je takođe zahtev buduće eksploatacije kola.

Današnje konstrukcije teretnih kola, s obzirom na njihov radni vek (30 godina i više), moraju zadovoljiti sadašnje uslove eksploatacije, sa klasičnom vlačnom i odbojnom spremom, a posle ugradnje automatskog kvačila i buduće uslove trčanja, gde se vučne i sabojne sile preko automatskog kvačila prenose na postolje. Tek posle ugradnje automatskog kvačila nestaće odbojnici, odnosno potreba za prenošenjem sabojne sile sa odbojnika, te će se moći pristupiti pojednostavljenju konstrukcije čeonog dela postolja, odnosno olakšanju postolja. Danas postoji veći broj konstrukcija postolja koje zadovoljavaju gornje uslove. Sve te konstrukcije mogu se uglavnom svrstati u tri karakteristična tipa, koji su prikazani na slikama 1, 2 i 3.



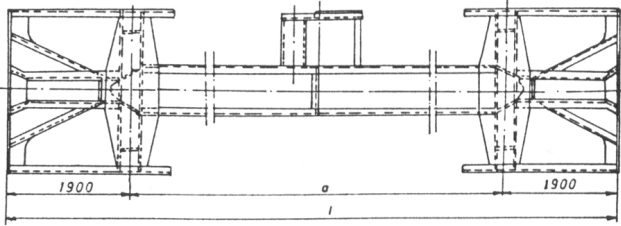
Slika 1 - Postolje sa unutrašnjim i spoljašnjim podužnim nosačima

Raspored podužnih nosača u postolju prirodno zavisi od pravca dejstva sabojnih i vučnih sila. Međutim, u srednjem delu postolja raspored je vrlo često diktiran konstruktivnim razlozima (otvor za istovar, smeštaj rezervoara za rasipni teret i slično).

Na slici 1. prikazana je konstrukcija sa unutrašnjim i spoljašnjim podužnim nosačima. Ova vrsta konstrukcije obezbeđuje najpovoljniju dijagonalnu krutost. Sabojne i vučne sile raspoređuju se na unutrašnje i spoljašnje podužne nosače. Bolje je, s obzirom na buduće uslove opterećenja, da srednji podužni nosači budu jači od spoljašnjih. Time se mogu postići najveće uštede u težini uz zadovoljenje uslova krutosti konstrukcije pri dejstvu najnepovoljnijih opterećenja.

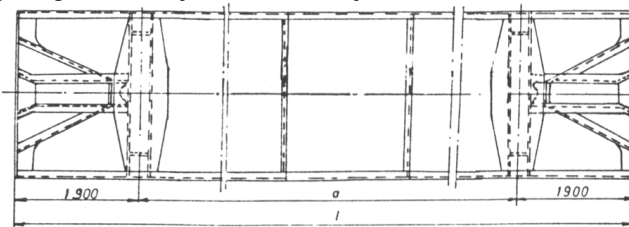
Konstrukcija postolja samo sa srednjim podužnim nosačima (slika 2) najbolje odgovara budućim uslovima

eksploatacije. Ovaj tip konstrukcije najnepovoljniji je u pogledu obezbeđenja dijagonalne krutosti. Primenjuje se najčešće na cisternama, gde sam rezervoar svojom krutošću doprinosi krutosti celih kola. Vrlo dobro je rešen za prijem sabojnih i vučnih sila sa automatskog kvačila, dok se sabojne sile sa odbojnika najvećim delom prenose preko kosnika na srednje podužne nosače. Ukoliko je moguće rešenje da se vertikalni teret prenosi na postolje u predelu glavnih poprečnih nosača, dobila bi se vrlo laka konstrukcija postolja. U ovom slučaju srednji podužni nosači primali bi samo horizontalne vučne i sabojne sile, prema kojima bi se i vršilo njihovo dimenzionisanje. Primenjuje se na cisternama, kiperima itd.



Slika 2 - Postolja samo sa unutrašnjim podužnim nosačima

Na slici 3 prikazana je konstrukcija postolja samo sa spoljašnjim podužnim nosačima. Primenjuje se na kolima, kod kojih se srednji deo predviđa za smeštaj otvora za istovar između šina (kola za prevoz rude), za smeštaj rezervoara radi uvećanja tovarne zapremine (kola za prevoz cementa) i slično. Konstrukcija nije pogodna za prenos vučnih i sabojnih sila sa automatskog kvačila. Ove sile se moraju preneti preko jakog glavnog poprečnog nosača, čeonog dela i eventualnih ukrucenja na spoljne podužne nosače, čime se otežava postolja. Ovaj tip postolja pogodan je za prenos sabojnih sila sa odbojnika.



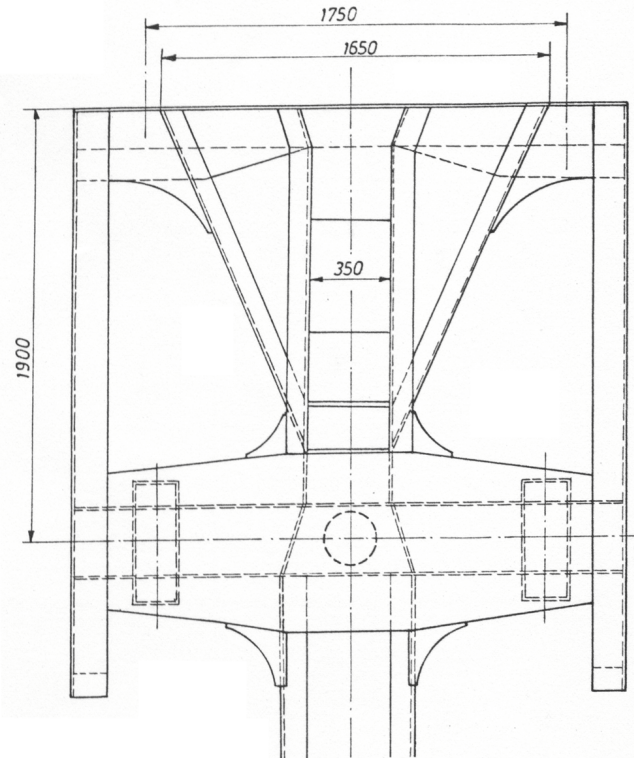
Slika 3 - Postolja samo sa spoljnim podužnim nosačima

U narednom periodu predstoji nam rad na unifikaciji pojedinih sklopova postolja: čeonog dela, glavnog poprečnog nosača. Unifikacijom sklopova postolja postiže se ne samo povećanje serija u proizvodnji i bolji kvalitet proizvoda već se poboljšavaju i uslovi održavanja, kao i konkurentnost naših proizvoda.

U našim konstrukcijama postolja ranije je, uglavnom primenjivano »Štabegov« rešenje čeonog dela. Kasnije su uspešno primenjivana i naša rešenja. Jedno od naših uspešnih rešenja, prikazano na slici 4, spada u red najlakših dosad izvedenih konstrukcija čeonog dela. Njega mogu bez ikakvih teškoća kvalitetno proizvesti sve naše fabrike vagona. Može se ugraditi u sve tipove teretnih kola. Zadovoljava sve današnje uslove eksploatacije, kao i uslove koji će nastati posle ugrađivanja automatskog kvačila, te ispunjava i uslove unifikacije.

I konstrukcija glavnog poprečnog nosača može se unificirati. Preko njega se prenose sva vertikalna i horizontalna opterećenja, te je zbog toga i robustan. Ima oblik zasečenog deltoida tako da prihvata oslonac automatskog kvačila i treba da omogući ugradnju svih

tipova obrtnih postolja koji zadovoljavaju uslove objave UIC -510, a to su tipovi savremenih obrtnih postolja. Glavni poprečni nosač svojom visinom obezbeđuje i visinu gornje ivice postolja praznih kola od GIŠ-a. Unificirani glavni poprečni nosač trebalo bi izraditi za najlakša kola (20t sopstvene težine), a za ostala kola većih sopstvenih težina zadržati istu konstrukciju, s tim što bi se visina glavnog poprečnog nosača u predelu obrtne šolje podešavala ugradnjom limova različite debljine.



Slika 4 - Čeoní deo postolja

U našim fabrikama vagona učinjeni su prvi koraci u primeni Al legura u izradi vrata, kapaka, krovova itd. Najdalje je u tome otišla fabrika »Vaso Misikin-Crni«, koja je izradila dvoosovinska zatvorena kola (GBS) za JŽ, gde su i bočne i čeoné stranice i krov od Al-legura. Međutim, noseća konstrukcija ovih kola je čelična. U narednom periodu treba očekivati prodor Al-legura u noseću konstrukciju postolja. Pravac daljeg poboljšanja konstrukcije postolja je u sve većoj primeni kvalitetnijih materijala (na primer, finozrni čelici), a u daljoj budućnosti i široj primeni Al-legura i plastičnih materijala.

U budućim konstrukcijama stranica i krova (zatvorena kola) treba očekivati sve dosledniju primenu principa »lake gradnje«. Radi smanjenja sopstvene težine kola, napuštaju se dosadašnja rešenja u kojima stranice i krov ne nose i prelazi se na rešenja gde su stranice i krov noseći elementi.

4. OBRтна POSTOLJA

Usvajanjem francuskog obrtnog postolja Y25 Cs, odnosno Y25 Css, naše železnice su rešile problem trčećeg stroja za doglednu budućnost. Ovaj tip obrtnih postolja danas je sposoban za bezbedno trčanje brzinom od 120 km/h. Rešenjem nekih problema kočnice i konstrukcije, brzina trčanja ovih obrtnih postolja može se povećati na 140 km/h.

Za prevoz masovnih roba (ugalj, pesak, ruda, nafta i njeni derivati i slično) javiće se potreba za teretnim kolima

veće nosivosti, odnosno većeg kapaciteta. Veća nosivost kola može se postići povećavanjem opterećenja po osovini ili ugradnjom troosovinskog obrtnog postolja, a u specijalnim slučajevima i primenom više osovinskih obrtnih postolja.

Ospobljavanje pruge za veće opterećenje po osovini (iznad 20t), zahteva i velika ulaganja (nove šine, donji stroj, mostovi i drugo). Zbog toga ne treba očekivati da će u doglednom vremenu naše železnice izvršiti rekonstrukciju svojih pruga.

Ukoliko je reč o samim obrtnim posteljima, u narednom periodu treba očekivati prelazak na rukavac prečnika 130 mm. a što za sobom povlači i izradu novih ležajeva prečnika 130×240.

5. VLAČNA I ODOBJNA SPREMA

Do prelaska na automatsko kvačilo, sva novoprodukcija mora biti opremljena klasičnom vlačnom i odbojnom spremom. Standardna vlačna sprema Jugoslovenskih železnica je sa prstenastom oprugom, a odbojnik sile $F_{max} = 590 \text{ kN}$ i hoda $h = 105 \text{ mm}$.

Poslednjih godina se sve češće uočavaju pojave deformacija čeonih nosača - grudnih greda ispod odbojnika, i to ne samo kod nas već i u Evropi. Ova pojava je posledica sve potpunijeg korišćenja kapaciteta kola i sve češćih prekoračenja dozvoljenih brzina pri manevrisanju. Eliminacija deformacija čeonih nosača traži se u ugradnji odbojnika većih kapaciteta, pa se može očekivati da u neposrednoj budućnosti i kod nas otpočnu radovi na ugradnji odbojnika velike sile, mada je prirodno rešenje ovog problema ugradnja automatskog kvačila.

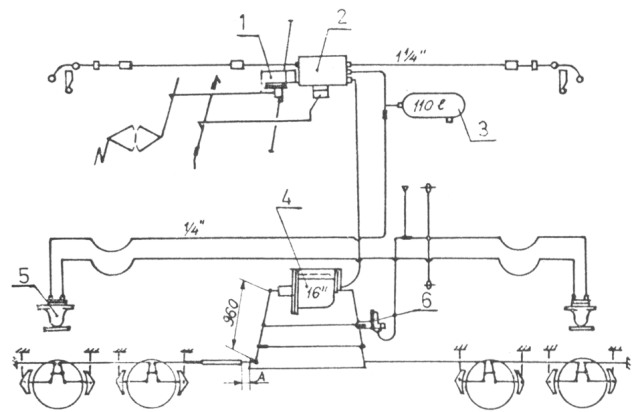
Ugradnjom odbojnika velike sile zaštićuje se konstrukcija kola od prevelikih sabojnih sila, koje se javljaju pri manevrisanju.

U daljoj budućnosti predstoji ugradnja automatskog kvačila, koja se, iako je nužna, za sada stalno odlaže.

6. KOČNICA

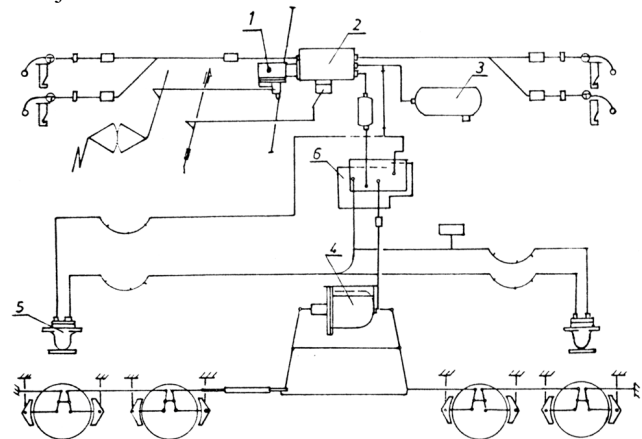
Teretni kolski park Jugoslovenskih železnica opremljen je kočnicama koje omogućuju trčanje kola brzinama do 100 km/h - režim »S« ili do 120 km/h - režim »SS«, pri osovinskom opterećenju od 200 kN do 220 kN.

Standardna kočnica teretnih kola JŽ za brzine do 100 km/h data je na šemi slike 5. To je kočnica sa automatskim prebacivačem »prazno - tovareno«. Ugradnjom automatskog prebacivača sile kočenja, umesto ručnog, istrgnut je iz domena ljudske zaboravnosti i nemarnosti i automatizovan jedan veoma značajan posao na železnici. Ovakvu automatizaciju »S«-kočnicu, kao standardnu kočnicu, ima mali broj železnica u Evropi.



Slika 5 - Šema standardne kočnice

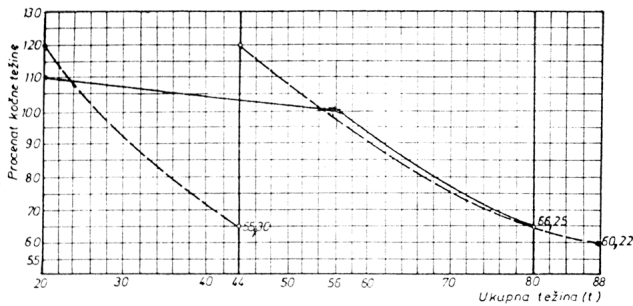
Korak napred predstavljaje »S«-kočnica sa kontinualnom promenom sile kočenja. Šema ove kočnice data je na slici 6.



Slika 6 - Šema kočnice za režim »S« sa kontinualnom promenom sile kočenja: 1. Rasporednik - Est-3f, 2. Nosač rasporednika S3, 3. Pomoćni rezervoar, 4. Kočni cilindar, 5. Merač pritiska, 6. Menjač pritiska

Fabrika kočnica »MZT« u Skopju je razvila i proizvela svoj menjač pritiska. Tokom 1982. godine UIC je ispitao konstrukcije ovog menjača i odobrio njegovu primenu u međunarodnom saobraćaju, čime su stvoreni uslovi da ga i naše železnice primenjuju ne samo za kočnicu u režimu »S« već i za kočnicu u režimu »SS«.

»S«-kočnice sa kontinualnom promenom sile kočenja eliminišu osnovni nedostatak »S«-kočnice bilo sa mehaničkim bito sa automatskim prebacivačem sile kočenja: prejaku kočnicu za prazna kola i slabu kočnicu za natovarena kola i daju gotovo konstantan procenat kočne težine (minimum 70%) do natovarenosti od 56t, koji dalje (do natovarenosti 80t) opada po eksponencijalnoj krivoj (puna linija sl. 7). Dakle, imamo gotovo jednak procenat kočne težine za 3/4 maksimalne težine kola. Ovo je značajna prednost i treba je u skorij budućnosti iskoristiti i preći na »S« kočnicu sa kontinualnom promenom kočne težine, pogotovu zato što za to imamo sve tehničke mogućnosti.



- - Kočna težina sa promenom sile kočenja u prekretnoj težini
 — Kočna težina sa kontinualnom promenom sile kočenja
 max. 56t.

Slika 7 - Dijagram procenta kočnih težina

7. NEKOLIKO PRIMERA NAŠIH KONSTRUKCIJA KOJE ĆE ZADOVOLJITI BUDUĆE USLOVE EKSPLOATACIJE

7.1. Kola sa obarajućim krovom-Tads

Mašinska Industrija Niš isporučila je JŽ i Bugarskim železnicama preko 1500 kola za prevoz žita i druge sitno komadne robe koju treba štiti od atmosferilija (sl. 8). Našim železnicama isporuke se nastavljaju. Utovar i istovar je potpuno mehanizovan. Kola se preko otvora na krovu iz silosa pune slobodnim padom. Otvor na krovu se otvara i zatvara preko ručnog mehanizma smeštenog na platformi. Pražnjenje se obavlja preko četiri otvora sa svake strane kola, a otvaranje i zatvaranje otvora-zasuna preko

ručnih mehanizama smeštenih, takođe, na platformama. Može se otvoriti svaki otvor posebno ili sva četiri na jednoj stranici istovremeno. Istovar se obavlja gravitacijom u bunkere, koji su smešteni ispod koloseka.

Osnovne karakteristike kola su:

- širina koloseka 1435 mm
- broj osovina 4
- razmak svornjaka 14000 mm
- dužina kola preko odbojnika 19040 mm
- sopstvena težina 26,5 t
- zapremina sanduka 66 m³
- maksimalna brzina 100 km/h

7.2. Kiper-vagon

Mašinska Industrija Niš isporučila je Grčkim i Albanskim železnicama preko 200 komada kiper-vagona (sl. 9). Sanduk ovog vagona pomoću pneumohidrauličnog uređaja može da se nagnje i na jednu i na drugu stranu do 45° i u tom položaju da oscilira do potpunog istovara ne prelazeći ga. Bezbedno trčanje i pravilno odbravljanje sanduka i stranica obezbeđuje mehanizam za zabavljanje-odbravljanje. Utovar se obavlja iz bunkera, preko trakastih transporterata, grajfera i slično, a istovar gravitacijom - nagnjanjem sanduka na jednu ili drugu stranu. Služi za prevoz uglja, šećerne repe, šljunka i druge komadne robe koju ne treba štiti od atmosferilija.



Slika 8 - Kola sa obarajućim krovom



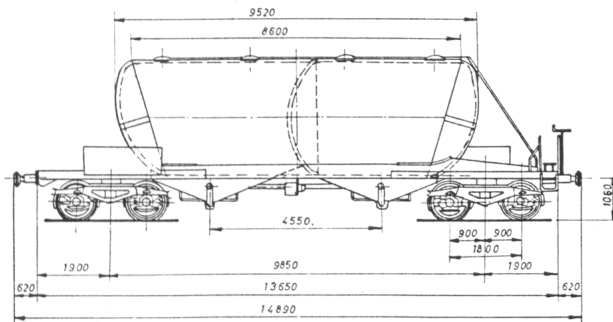
Slika 9 - Kiper-vagon

Osnovne karakteristike ovih kola su:

- širina koloseka 1435 mm
- broj osovina 4
- razmak svornjaka 8750 mm
- dužina kola preko odbojnika 14750 mm
- sopstvena težina 26 t
- zapremina sanduka 72 m³
- maksimalna brzina 100 km/h

7.3. Kola za prevoz praškastih materijala

Ova nova konstrukcija kola Mašinske industrije za prevoz praškastih materijala (sl. 10) zamenila je dosadašnje sa tri, odnosno četiri bunkera uz znatno smanjenje sopstvene težine, odnosno povećanje zapremine. Kola se isporučuju Jugoslovenskim železnicama.



Slika 10 - Kola za prevoz praškastih materija

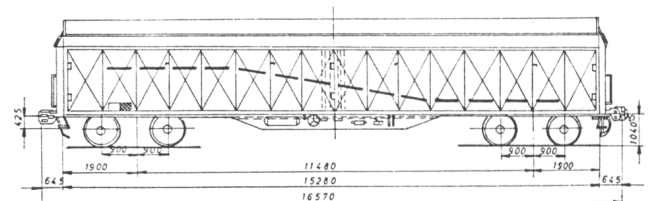
Pune se gravitacijom iz silosa, preko četiri otvora, koji se hermetički zatvaraju, a istovar se obavlja korišćenjem zbijenog vazduha pritiska 2,5 bara, pomoću vazdušnog »jastuka« preko dva otvora sa svake strane kola, u silose visoke do 35 m, ili do 300 m u horizontali. Istovar punih kola sa cementom obavi se za oko 25 min.

Osnovne karakteristike kola su:

- širina koloseka 1435 mm
- broj osovina 4
- razmak svornjaka 9850 mm
- dužina kola preko odbojnika 14890 mm
- sopstvena težina 23,5 t
- zapremina 60 m³
- maksimalna brzina 100 km/h

7.4. Kola sa pokretnim stranicama

Kola sa pokretnim stranicama (sl. 11) u perspektivi treba da zamene sadašnja Gas-kola. Namena su za prevoz paleta i denčane robe koje treba štititi od atmosferilija. Osnovne mere ovih kola odgovaraju Gas-kolima. Stranice su pokretne i preklapaju se, tako da ostavljaju polovinu kola otvorenom, te omogućuju brz i lak utovar-istovar korišćenjem viljuškara. Fabrika vagona Mašinske industrije proizvela je oko 1000 komada ovih kola za Iračke železnice.



Slika 11 - Kola sa pokretnim stranicama

Osnovne karakteristike kola su:

- širina koloseka 1435 mm
- broj osovina 4
- razmak svornjaka 11480 mm
- dužina kola preko odbojnika 15280 mm
- sopstvena težina 24,5 t

- zapremina 105 m³
- maksimalna brzina 100 km/h

8. ZAKLJUČAK

Jugoslovenska industrija u gradnji teretnih kola ima visok nivo i danas ne zaostaje mnogo za Evropom. Da bi održala ovaj nivo i da bi uspešno pratila evropsku industriju, nužno je u dalji razvoj i istraživanja u oblasti gradnje teretnih kola ulagati mnogo više nego do sada, pri čemu bi učešće Jugoslovenskih železnica trebalo biti znatno. Dalji razvoj teretnih kola nikako ne bismo smeli prepustiti samo proizvođačima teretnih kola.

LITERATURA

- [1] S. Stojičić - Doktorski rad, Niš, 1977. R. Bogdanović - Doktorski rad, Niš, 1984.
- [2] S. Stojičić, Lj. Rašković, M. Popović - Savremeni materijali i tehnološki postupci u proizvodnji teretnih kola (»Železnice« br. 7/1983.)
- [3] S. Stojičić, C. Todorov, D. Ilinčić, M. Srećković, Lj. Rašković, O. Milosavljević - Konstrukcija cisterne za prevoz mazuta (»Železnice« br. 4/1983)
- [4] M. Popović, Z. Mickić, S. Stojičić - Standardne kočnice novih teretnih kola JŽ (Zbornik sa III savetovanja o kočnicama, 6. do 8. juna 1983.)
- [5] E. Gačanin - Uticaj stanja putničkog i teretnog kolskog parka na bezbednost saobraćaja (»Železnice« br. 2-3, 1982)
- [6] V. Vajnhel - Savremeni sistem kočnica teretnih kola (»Železnice« br. 4, 1982.)
- [7] Institut "Kirilo Savić" - Studijska analiza snage kočnice železničkih šinskih vozila (1979.)

ЖЕЛЕЗНИЦА СРБИЈЕ ДАНАС И У БУДУЋНОСТИ

Слободан Росић¹

Резиме: Доношење Закона о железници који је припремљен и ушао је у Републичку скупштинску процедуру је само први корак на путу структурних промена железнице Србије. Последице примене овог закона, као и кораци који следе на путу укључивања наше земље у европске интеграционе процесе, ће се одразити на све сегменте не само железнице, него и свих привредних субјеката који су директно или индиректно везани за железнички програм. Само заједничким и координираним активностима свих заинтересованих могуће је обезбедити оптимална решења у овом процесу.

Кључне речи железница, Србија, данас, будућност

1. УВОД

Железница Србије је на прекретници, као и многе друге железнице Европе. У складу са одређењима нашег друштва да се сви елементи државе и друштва прилагоде стандардима Европе на путу ка европским интеграцијама, ушли смо у процес транзиције и дубоких промена које неће, не могу и не требају да заобиђу ни железницу. Тај процес почиње доношењем Закона о железници, првог правог реформског закона у области железничког саобраћаја после политичких промена које су се десиле крајем 2000. године. Последице које ће изазвати овај закон, као и кораци који следе након тога, на путу ка укључивању наше земље у европске структуре, биће у много чему радикални.

2. ЖЕЛЕЗНИЦА СРБИЈЕ ДАНАС

Железница Србије се данас налази у незахвалном положају. Стање свих техничких подсистема је у веома лошем стању због дуже од десет година изолације, смањења привредних активности у Србији и Југославији, опадања обима рада на железници и перманентног недостатка финансијских средстава за нормално одржавање и функционисање овог великог система.

Технологија и путничког и теретног саобраћаја је класична, застарела и не пружа квалитет превозне услуге какав би био примерен једној железници која има за циљ укључивање у систем европских железница. Продуктивност и ефикасност су изузетно ниски, обзиром на знатан вишак запослених. Са друге стране постоји недостатак високо образовних кадрова који познају законитости, принципе и начин пословања великих предузећа у тржишним економијама.

Железница се није прилагодила новим условима који су настали. То се пре свега односи на организацију и пословање железнице у новим условима.

Са друге стране, потреба за железничким саобраћајем постоји. Данас је можда и већи притисак од стране међународних фактора на одржавање и довођењу железнице Србије на ниво сличних железница у окружењу, него притисак привреда Србије и Југославије. То се пре свега види у чињеници да се обим међународног транзитног саобраћаја преко Србије и Југославије за само две године достигао обим који је био пре свих

дешавања на овим просторима. И нови захтеви за овим саобраћајем се стално појављују.

3. БУДУЋНОСТ ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ

Као што је већ познато у законској процедури је Закон о железници Србије. Законом је предвиђено формирање два предузећа: за инфраструктуру и за експлоатацију, у првом кораку у оквиру јединствене организације Железнице Србије. Овим се чини први корак у правцу уједињавања и компатибилности, бар организације наше железнице са европским директивама и препорукама.

Последице примене овог Закона ће бити веома значајне и далекосежне. Наиме, његовим усвајањем, ова два предузећа више нису део исте технолошке целине, него две засебне партнерске јединице и свака се бори за што већи приход а мањи трошак, тако да у тој области постају и конкуренти. Ово зато што ће експлоатација да плаћа надокнаду за коришћење инфраструктуре и то ће за њу бити трошак. Истовремено то је за инфраструктуру приход.

Овај закон предвиђа и елиминацију монопола једног оператора. Наиме, експлоатација у саставу Железнице Србије неће једина моћи обављати превоз на мрежи пруга. Предвиђено је да приступ инфраструктури не сме бити дискриминаторски, тј. да и други оператори морају имати (под одређеним законским условима) слободан приступ инфраструктури Железнице Србије. Ова одредба ће посебно добијати на тежини и морати бити испоштована у процесу приближивања европским интеграцијама, а посебно током процеса испуњавања услова за придруживање Европској Унији.

Следећи корак који је неминован је да у предузећу за експлоатацију Железнице Србије предстоји раздвајање и формирање бар две организационе целине, једне за путнички и друге за теретни саобраћај. Јасно је да ће целини (дирекцији или предузећу) за путнички саобраћај бити пренета сва путничка кола, дизел и електро моторни возови а целини за теретни саобраћај теретна кола. Како ће бити организована служба вуче са вучним возилима (локомотивама) још није дефинисано. Наиме у Европи су у примени два модела. По једном се и вучне возила деле на целине за путнички и теретни саобраћај. По другом моделу се формира посебна јединица за вучу.

¹Слободан Росић, генерални директор ЖТП "Београд", Немањина 6, Београд – Рад по позиву

Оно што је извесно је да ће се служба одржавања радикално реформисати. Наиме, независне организације за путнички и теретни саобраћај, и евентуално вучу, ће слободно бирати код кога ће одржавати возила. Према томе, очекивати је да ће данашњи ремонтери, код реформисане Железнице Србије, моћи да конкуришу за све врсте одржавања (поред инвестиционог које данас врше и за текуће, које је данас у оквиру железнице). Важи и обрнуто, а то је да ће данашња служба за одржавање (ЗОВС) у будућности моћи да прошири свој програм укључивањем и инвестиционог одржавања и равноправно конкурише за одржавање возних средстава свих оператера.

Однос према домаћој индустрији из железничког програма ће такође бити промењен. Како је мало вероватно да ће оператери располагати довољним средствима за инвестициона улагања, то ће углавном бити вршено из кредита. У том случају све инвестиције ће морати да се врше на јавним лицитацијама и тендерима, код којих опет не сме бити дискриминације. У слободној конкуренцији са светским произвођачима, домаћа индустрија ће морати бити конкурентна. Овакву ситуацију већ имамо данас када се сви кредити од међународних финансијских институција реализују на овај начин и то према врло строгим међународним процедурама и правилима.

Овде је потребно указати на заједнички циљ свих заинтересованих за процес реструктурирања железнице Србије. Прво је да би било веома корисно реструктурирање железнице спровести временски темпирано са њеном ревитализацијом. Наиме, потпуна реформа железнице Србије и препуштање слободном тржишту, у стању у коме је данас, сигурно води губљењу битке са страним оператерима. С друге стране, јавне, отворене набавке и инвестиције у железницу, са исцрпљеном домаћом индустријом која се још није уклопила у светско тржиште, сигурно води губљењу послова. Ово значи да је домаћој привреди још једно време потребна железница, а железници домаћа привреда. Заједничким наступом и деловањем могуће је направити партнерски однос у деловању на ревитализацији и једних и других и постепеном, у складу са нивоом развијености, укључивању у европске трендове и тржиште. Највећи проблем у овом сценарију је време. Наиме, нема превише времена, а још ако изостане координирани наступ, биће пропуштена прилика за опоравак и железнице и домаће индустрије везане за железнички програм.

Реструктурирање железнице ће се одразити и на регионалном плану. Наиме, како ће инфраструктура бити у власништву и под управом државе, сигурно је да држава нема ни интереса ни могућности ни финансијских средстава, да води рачуна, гради и одржава све пруге и објекте којима данас располаже железница. Према томе, очекивати је да ће о судбини једног броја локалних пруга одлучивати локални, регионални стручни и политички органи. И по овом питању има различитих модела и решења у Европи. Тако, у почетку реструктурирања многих железница, истина економски јаке државе, су заједно са локалним структурама власти интервенисале и финансирале опстанак таквих пруга. Данас, у светлу нових сазнања и узимања у обзир свих аспеката и трошкова, потпуно се другачије гледа на

значај локалних пруга које својим директним приходом не могу покрити трошкове. Наиме, значај и величина екстерних трошкова у знатној мери мењају слику о значају железнице посебно у поређењу са друмским саобраћајем.

И у овој сфери је потребна, стална, координирана активност железнице и регионалних структура како се не би направиле кардиналне грешке, које је после тешко или чак немогуће исправити.

4. ЗАКЉУЧАК

Из свега изнетог је очигледно да је пред железницом Србије радикално реформисање, које ће у релативно кратком времену у потпуности променити организацију и на потпуно новим принципима њено функционисање. Промене ће бити како у организационом тако и у суштинском смислу. Ове промене ће се одразити и на добар део привреде везане за железнички програм, али исто тако и у регионалном погледу у потпуно другачијем приступу решавања локалног саобраћаја, па чак и опстанка регионалних пруга.

За успешно спровођење овог програма реструктурирања, потребна је широка сарадња, подршка и координација са домаћом индустријом, локалним структурама власти, али и свим стручним и другим организацијама у изналажењу оптималних решења. Ова оптимална решења би морала то бити у организационом, временском и структурном погледу.

RAILWAY OF SERBIA, TODAY AND IN FUTURE

Slobodan Rosic

Abstract: *The passing of the Railway Law, is just a first step on the course of the structural changes in the Serbian Railway. The consequences of the implementation of this law, as well as the measures to be taken in the process of joining the European integration processes, will be reflected in all the segments, not only in the railway but in economy as well. Only with joint and coordinate action of all the interested parts, it is possible to achieve optimal solutions in this process.*

Key words: *Railway, Serbia, Today, Future*

MOGUĆNOSTI DOMAĆE INDUSTRIJE U REVITALIZACIJI JUGOSLOVENSKE ŽELEZNICE

Pera Milovanović¹

Rezime: U poslednje dve decenije svetska železnička industrija sprovodi proces koncentracije tako da nekoliko velikih internacionalnih industrijskih sistema predstavlja vodeće globalne ponuđače železničkih usluga. Višegodišnja stagnacija železničkog saobraćaja u regionu uticala je nepovoljno na domaću industriju. U radu se analizira stanje domaće železničke industrije, njena privatizacija i njene mogućnosti u procesu revitalizacije naše industrije.

Ključne reči: železnička industrija, privatizacija, revitalizacija železnice.

1. UVOD

Višegodišnja stagnacija železničkog saobraćaja u regionu i smanjenje investicione sposobnosti jugoslovenske železnice uticali su nepovoljno na domaću industriju. Upošljenost kapaciteta jugoslovenske industrije na železničkom programu značajno je smanjena. Pad obima proizvodnje uslovio je tehnološku stagnaciju naše industrije u celini pa je neophodno izvršiti reorganizaciju. S obzirom na to, potrebno je sagledati šta se događa sa svetskom železničkom industrijom. U poslednje dve decenije svetska železnička industrija doživljava proces koncentracije tako da se izdvojilo nekoliko velikih internacionalnih industrijskih sistema u vodeće globalne ponuđače železničkih usluga. Tako je smanjena konkurencija i smanjena mogućnost da manje samostalne firme uspešno nastupaju na svetskom tržištu. Kakva je perspektiva naše industrije?

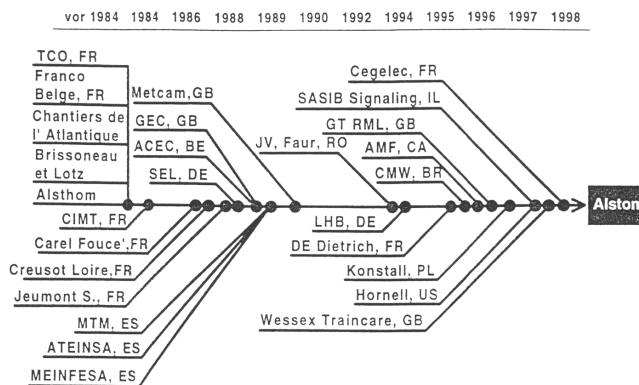
2. PROCES TRANSFORMACIJE ŽELEZNIČKE INDUSTRIJE U EVROPI

Poslednjih godina je došlo do promene položaja industrije železničkih vozila na železničkom tržištu. Ponašanje kupaca, konkurencija, tehnički i komercijalni uslovi su se značajno promenili.

Ovome su doprineli sledeći procesi:

- Transformacija društvene odnosno državne železnice u nezavisnu privatizovanu i saobraćajno-tržišno organizovanu organizaciju
- Promena međusobnih zadataka između železnice i železničke industrije
- Internacionalno povezivanje raznorodnih industrija u jake proizvodne sisteme odnosno proces koncentracije industrije železničkih vozila.

Osnovni razlozi za podsticaj procesa koncentracije železničke industrije su postojanje neupošljenih kapaciteta železničke industrije širom sveta i potreba jedinstvenog nastupa na svetskom tržištu. Vodeći internacionalni industrijski sistemi u oblasti železnice danas su Alstom i Siemens.

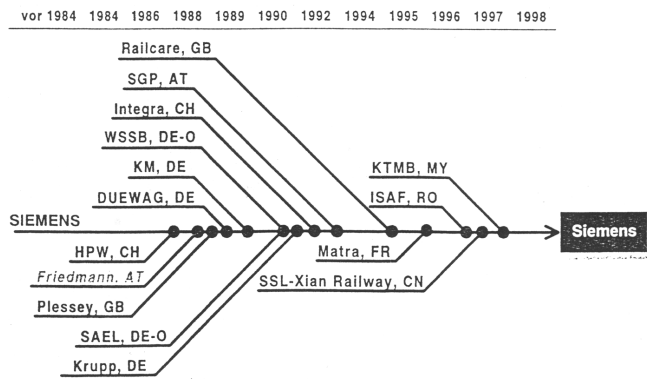


Slika 1. Proces koncentracije železničke industrije - primer Alstom

Proces integracije proizvođača železničkih vozila je otpočeo u Francuskoj i Švedskoj 80-tih godina. Alstom i Asea su bili prvi koji su preuzeli konkurentne firme i mašinske fabrike i tako se razvili u globalne proizvođače odnosno ponuđače šinskih vozila. Na slici 1. prikazan je proces koncentracije železničke industrije na primeru firme Alstom u periodu od 1984. do 1998. godine. Alstom je preuzeo TCO i Jemont Schneider, zatim ACEC iz Belgije, posle toga je nastupila integracija sa GEC. Sem toga, pored tri mehaničke firme iz Španije MTM, Ateinsa i Meinfesa, ušle su i Metcam iz Velike Britanije i LHB iz Nemačke kao i Werkes Hornell iz države New York USA. Od pre dve godine i Fiat Ferroviaria iz Italije je integrisan u sistem Alstom-a posle dobijanja zajedničkog posla Alstom Transport i Fiat Ferroviaria u Velikoj Britaniji (brzi vozovi sa naginjanjem).

Siemens sa proizvodnim kapacitetima u preko 100 zemalja sveta, kao firma koja uglavnom pokriva oblast elektrotehnike, dolazi u oblast proizvodnje saobraćajnih sredstava u procesu integracije (slika 2) sa firmama za izradu vozila Duewag i Krauss Maffei, zatim i sa firmama Krupp i SGP, Plassy, WSSB, Matra, Integra kao i firma Railcare u Velikoj Britaniji specijalizovana za održavanje vozila.

¹ mr Pera Milovanović dipl.maš.inž., gen. dir. MIN Holding co. Niš 18000 Šumadijska 1



Slika 24. Proces koncentracije železničke industrije – primer Siemens

Sve ove firme, uključujući i manje pogone koji ovde nisu pomenuti, imale su probleme sa neupošljenim (prevelikim) kapacitetima. Proces koncentracije je bio praćen zatvaranjem ili razmeštanjem pojedinih neupošljenih i neodgovarajućih kapaciteta sa ciljem racionalizacije proizvodnje. Siemens je npr. zatvorio Krupp-ovu fabriku lokomotiva u Essenu a deo proizvodnje prebacio u Uerdingen. Ukupna proizvodnja obrtnih postolja se skoncentrisala kod GSP u Gracu a saglasne delatnosti su ukinute u Dusseldorf-u i Kiel-u. Proizvodnja lokomotiva je koncentrisana u Krauss Maffei i Duewag Uerdingen. Takve mere su, izgleda, ipak neophodne i uglavnom vode ka povećanju produktivnosti i smanjenju troškova.

Koncentracijom svetske železničke industrije, novoformirani veliki sistemi su postali apsolutno sposobni da ponude ne samo pojedine tipove vozila ili infrastrukturne objekte već i kompleksne usluge železnicama. Ali, bez obzira na to, i ovakvi moćni sistemi mogu da nastupe zajednički. Tako su Alstom Transport i Bombardier dobili posao 20 vozova za velike brzine na relaciji New York – Boston.

3. STANJE DOMAĆE ŽELEZNIČKE INDUSTRIJE

Značajni kapaciteti železničke industrije u svetu su se razvili u periodu od 1950 do 1980. godine kada se parna vuča zamenjivala dizel i elektro pogonima. U tom periodu su se najviše razvili i proizvodni kapaciteti domaće železničke industrije. Intenzivan razvoj, uz stalnu modernizaciju kapaciteta i rast produktivnosti rada, zaustavljen je krajem 1980-ih i početkom 1990-ih godina kada je došlo do raspada SFRJ i uvođenja sankcija. To je uslovlilo neupošljenost prethodno razvijanih kapaciteta.

Domaća železnička industrija je razvijala svoje kapacitete prvenstveno prema potrebama jugoslovenskih železnica kao i velikih rudarsko-metalurških kombinata u zemlji, dok je manji deo bio namenjen izvozu. Celokupno teško stanje privrede u zemlji a posebno situacija na domaćem železničkom tržištu odrazili su se na aktivnost i stanje železničke industrije. Obim proizvodnje je značajno umanjen a neupošljeni kapaciteti se delimično upošljavaju remontnim poslovima, rekonstrukcijama i izradom rezervnih delova ili nekim drugim poslovima. Može da se kaže da su današnji kapaciteti železničke industrije upošljeni oko 30-40%.

Tako danas fabrika MIN AD "Lokomotiva" iz Niša uglavnom vrši redovne i vanredne investicione opravke većeg obima dizelelektričnih i električnih lokomotiva za ŽTP Beograd, dok je proizvodnja dizelhidrauličnih manevarskih lokomotiva i drezina povremena. Fabrika šinskih vozila "GOŠA" iz Smederevske palanke obavlja redovne i vanredne opravke putničkih kola i rekonstrukciju tramvaja u nedostatku poslova novogradnje. Poslednji veći posao koji je "GOŠA" realizovala za ŽTP Beograd jeste 12 savremenih putničkih kola za brzine do 200 km/h. S obzirom da je proizvodnja teretnih kola izuzetno smanjena fabrike MIN AD "Vagonka" iz Niša, "Bratstvo" iz Subotice i Fabrika vagona Kraljevo vrše redovne i vanredne investicione opravke teretnih kola ili pak njihovu rekonstrukciju. Pored pomenutih preduzeća, ŠINVOZ Zrenjanin po tradiciji vrši redovne i vanredne investicione opravke elektromotornih i dizelmotornih vozova kao i remont dizelelektričnih manevarskih lokomotiva, dok ŽELVOZ Smederevo vrši redovne i vanredne opravke putničkih kola

Osim industrije koja se bavi izradom ili održavanjem železničkih vozila, mnoga preduzeća mašinske, elektrotehničke, metalurške i druge delatnosti proizvode delove za železnička vozila. To su MINEL Beograd, EI Niš, Tigar Pirot, PPT Trstenik, Železara Nikšić, DD Livnica "Požega", DD Livnica "Kikinda", FIAZ Prokuplje, Krušik Valjevo, Sever Subotica, Novkabel Novi Sad, FASO Vladimirci i dr. Mnoge komponente za železnička vozila su supstituisana kod domaćih fabrika poslednjih deset godina posle uvođenja ekonomskih sankcija. Domaći proizvođači infrastrukturnih objekata rade poslednjih godina sa značajno smanjenim obimom pošto nema većih investicija u oblasti infrastrukture.

4. MOGUĆNOSTI DOMAĆE INDUSTRIJE U PROCESU REVITALIZACIJE ŽELEZNICE

S obzirom na činjenicu da su političke i ekonomske okolnosti u prethodnom periodu nepovoljno uticale, pored naše zemlje i na zemlje u okruženju, to je obim saobraćaja u regionu takođe opao. Očekuje se revitalizacija regionalnog saobraćaja i da Jugoslavija postane značajan deo evropske železničke mreže. U okviru toga, naša železnica treba da poboljša transportne usluge, da obezbedi veću propusnu moć, da bude tačna, brza i bezbedna. Za realizaciju takvog cilja potrebno je pokrenuti značajne investicije u infrastrukturi i voznim sredstvima, u čemu domaća industrija ima mogućnost da uposli svoje kapacitete.

Da li domaća industrija, posle dugogodišnje redukcije obima proizvodnje, može da igra važnu ulogu u procesu oporavka jugoslovenskog železničkog saobraćaja a kasnije i da podržava savremeni železnički transport?

Bez obzira što naša industrija ima iskustva u inženjeringu kao i u proizvodnim i montažnim delatnostima, treba prihvatiti činjenicu da je u tehnološkom zaostatku u odnosu na razvijene zemlje. Svesni smo da je potrebno podići tehničko-tehnološki nivo naših fabrika ali je to moguće samo kroz velike/značajne poslove.

Revitalizacija železničkog saobraćaja u našoj zemlji je značajan razvojni projekat i zahteva velika finansijska sredstva koja ne mogu da se obezbede bez inostranih kredita i ulaganja. Kod takvog finansiranja, nosioci poslova

se određuju na međunarodnim tenderima prema utvrđenoj proceduri. Domaća industrija nema velike šanse da dobije te poslove u konkurenciji sa renomiranim inostranim firmama. Zato treba nastupiti zajedno sa inostranim firmama kao partneri, kooperanti ili podizvođači.

Nije neuobičajeno u svetskoj poslovnoj politici, da se velike državne investicije u manje razvijenim zemljama sprovede od strane inostranih izvođača uz angažovanje domaće industrije. Primera radi, 1995. godine je Alstom uz uključenje lokalne industrije dobio posao rekonstrukcije motornih vozova za gradski i prigradski prevoz u Hong Kongu. U Meksiku je Alstom angažovao domaće firme u realizaciji posla održavanja 369 dizelelektričnih i 22 električne lokomotive proizvodnje General Electric.

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 itd.

Međutim, da bi se ovakvi investicioni projekti mogli da realizuju neophodno je da naša železnica i industrija sprovedu temeljnu transformaciju. Naime, železnica treba se transformiši sa jedne strane u državno finansiranu infrastrukturnu organizaciju i sa druge strane u privatnu i tržišno orijentisanu saobraćajnu organizaciju. Industrija treba da izvrši restrukturiranje i privatizaciju sa ciljem da se obezbedi upravljačka i poslovna usklađenost sa inostranim partnerima, konkurencijom i kretanjima na svetskom tržištu. Model za transformaciju treba da uzme u obzir specifičnosti svakog preduzeća u finansijsko-ekonomskom, tehnološkom i tržišnom pogledu. Pored programa koji bi omogućio rešavanje problema viška radnika, potrebno je izvršiti tehnološku modernizaciju tržišno perspektivnih programa i na taj način privući potencijalne strateške partnere.

Neposredni cilj i efekat privatizacije je potpuno i jednoznačno definisanje vlasničkih prava njihovih nosilaca. Strateški cilj privatizacije je obezbeđenje uslova za stabilnije i uspešnije poslovanje i razvoj preduzeća.

5. ZAKLJUČAK

Ako železnica hoće da ostvari veći prihod na saobraćajnom tržištu mora kao svoj glavni zadatak da vidi u realizaciju transportnih usluga a ne više u tehnici. Tehniku treba prepustiti industriji. Ovakvo shvatanje je preduslov revitalizacije naše železnice.

Domaćoj železničkoj industriji predstoji svojinska transformacija i aktivnosti na obezbeđenju inostranog partnera sa kojim bi učestvovala u investicionim poslovima u okviru revitalizaciji naše železnice. Domaća industrija očekuje od naše železnice da bude angažovana u velikoj meri na svim poslovima, kako tekucim tako i investicionim. Ukoliko naše fabrike učestvuju u značajnim poslovima sa inostranim partnerima postoje šanse za oporavak privrede i povećanje njene konkurentnosti na tržištu.

LITERATURA

- [1] Rudolf Wagner: "Die Veränderung am Eisenbahn-Markt aus der Sicht der Schienenfahrzeuge - Industrie" EISEBAHNINGENIER 8/99
- [2] J. Moubray: "Maintenance management - A new Paradigm" MAINTENANCE Vol 11, 1996. No1, 3-14
- [3] RAIL REVIEW - ALSTOM'S INTERNATIONAL TRANSPORT INDUSTRY MAGAZINE N5-10.1998

DOMESTIC INDUSTRY POSSIBILITY IN REVITALIZATION OF UOR RAILWAY

Pera Milovanović

Summary: *During the last two decades the world railway industry has realized the concentration process, so that several major industrial systems represent global suppliers of railway services. The long stagnation of railway transport in the region has had an adverse effect on domestic industry. The status of railway industry, its privatization and its capabilities in the revitalization process of our railway are studied in this paper.*

Keywords: *railway industry, privatization, railway revitalization.*

PERSPEKTIVE UNIVERZITETSKE NASTAVE, MAŠINSTVA I TEHNIKE TRANSPORTA

Radić Mijajlović¹

Abstrakt: Promene u univerzitetnoj nastavi su uvek bile prisutne i aktuelne, ali su se najčešće vršile na manje-više formalan način: izmenom nastavnih planova, najčešće uvođenjem novih profila i smerova, a time i novih predmeta. Stvaranje EU i jedinstvenog evropskog tržišta, porast uticaja Amerike, kao jedine supersile, uticao je na sve domene, pa i univerzitate u Evropi. Posledice ovog procesa su Bolonjska deklaracija, Praški dokument i dr. Ovaj proces nije mimoišao ni nas, pa su promene na univerzitetu danas aktuelnije nego ikada. U radu se razmatra ova problematika u vezi sa Bolonjskim i Praškim dokumentima, ali i sa pravcima daljeg razvoja mašinstva i tehnike transporta.

Ključne reči: Univerzitet, nastava, transport

1. UVOD

U svakom vremenu prisutna su razmišljanja o budućem razvoju bilo koje oblasti ljudske delatnosti. Razvoj ne teče ravnomerno, on se ubrzava, usporava, i svako vreme je obeleženo naglim razvojem ili stagnacijom neke oblasti ljudske delatnosti.

Mi se nalazimo u vremenu naglog razvoja tehnike, i sigurno je da će buduća pokoljenja nazivati naš XX vek, vekom tehnike, kao što mi danas kažemo: vreme renesanse, vreme romantizma, vreme racionalizma, itd.

Savremeniku je uvek teško da na vreme vidi promene i shvati njihovu dubinu, značaj i uticaj na budućnost. Nauka se stohastički razvija, čovekov um stvara nauku za dobro čoveka, ali rezultati nauke nose u sebi danas i neslućene "korene zla", pa je sve prisutnije saznanje da čovek svoje snage i svoj razum, (kažemo razum a ne um) upotrebi da spase ovu planetu "od sebe samog". Kad "zao duh" jednom izađe iz boce teško ga je zaustaviti, nastaje lančana reakcija...

Univerzitet je kao nosilac, ali i kao pratilac razvoja i širenja nauke, imao uvek važnu i odgovornu ulogu. I dok se ranije razvoj nastave na Univerzitetima razvijao u skladu sa mogućnostima i okruženjem sredine, danas razvoj visokoškolske nastave postaje, sve više, sastavni deo procesa "opšte globalizacije". Fraza "svet je globalno selo" postaje stvarnost.

2. RAZVOJ UNIVERZITETSKE NASTAVE U EVROPI

Evropski proces, zahvaljujući izuzetnim dostignućima u proteklih par godina, postao je rastuće relevantna i konkretna stvarnost za Uniju i njene građane. Povećanje izgleda na uspeh zajedno sa zavisnim odnosima sa drugim evropskim zemljama daje još šire dimenzije toj stvarnosti. Mi se u međuvremenu, u velikom delu političkog i akademskog sveta i u javnom mnjenju, součavamo sa rastućom svesti o potrebi da se obrazuje kompletnija Evropa, Evropa koja vidi dalje, posebno u izgradnji i jačanju intelektualnih, kulturnih, socijalnih, naučnih i tehnoloških dimenzija.

Evropa znanja se sada naširoko prepoznaje kao

nezamenjivi faktor za socijalni i humani rast i kao neophodna komponenta za konsolidaciju i obogaćivanje evropskog građanstva, sposobna da svojim građanima pruži neophodne veštine da se suoče sa izazovima novog milenijuma, zajedno sa svešću o zajedničkim vrednostima i pripadanju zajedničkom socijalnom i kulturnom prostoru.

Značaj obrazovanja i kooperacije u okviru obrazovanja u razvoju i jačanju stabilnih, miroljubivih i demokratskih društava je univerzalno priznat kao najviši, još više imajući u vidu situaciju u jugoistočnoj Evropi.

Ujedinjenje Evrope i stvaranje EU nije imalo veći uticaj na stvaranje **jedinstvene evropske teritorije za visoko i više obrazovanje** sve do pred kraj XX veka, iako su prvi koraci učinjeni još 1988., stvaranjem univerzalnih principa Magna Charta Univerzitatum u Bolonji. Deklaracija iz Sorbone, maja 1988, potom, danas stalno "pozivana", Bolonjska deklaracija, juna 1999., koju su potpisali ministri za kulturu iz 29 zemalja, Konvencija iz Salamanke, marta 2001., Praški dokument, maja 2001., koje su potpisale 32 zemlje, znače da je proces stvaranja jedinstvene evropske teritorije za visoko i više obrazovanje počeo ozbiljno da se razvija.

Iako se to u ovim dokumentima ne pominje, na ovaj proces vrlo značajan uticaj ima američki sistem visokog obrazovanja, čija je jedna od karakteristika kraće dodiplomsko školovanje. Dakle, ujedinjenje Evrope, i "potrebe" da se visoko školstvo "prilagodi" američkom, ali i da mu bude konkurentno, bili su od presudnog uticaja na stvaranje "doba evropskog visokog obrazovanja".

Šta sadrži, o čemu govori Bolonjska Deklaracija?

Bolonjska Deklaracija je dokument kojim se 29 zemalja obavezalo da sprovede reforme sistema visokoškolskog obrazovanja tako da oni budu što sličniji.

Deklaracija je ključni dokument koji označava prekretnicu u razvoju evropskog visokoškolskog obrazovanja.

- Potpisnice Deklaracije su se "obavezale da rade na ostvarenju ciljeva formuliranih u Deklaraciji", i da, sa tim ciljem, koordiniraju svoje politike.
- Svaka od zemalja potpisnica dobrovoljno je preuzela obavezu da reformiše svoj sistem (ili sisteme) visokog obrazovanja, da bi se postigla **sveopšta konvergencija** na evropskom nivou. Bolonjska deklaracija ne

¹dr Radić Mijajlović, red.prof., Mašinski fakultet Niš, e-mail: miradic@euent.yu - Rad po pozivu

predstavlja obavezu nametnutu spolja nacionalnim vladama ili visokoškolskim institucijama. Ukoliko pojedine zemlje ili visokoškolske institucije osećaju da Bolonjski proces predstavlja neku vrstu pritiska na njih, to samo može biti posledica njihovog ignorisanja sve brojnijih sličnosti među evropskim državama, ili posledica njihovog držanja po strani od glavnog toka razvoja i promena.

- Bolonjski proces ima za cilj konvergenciju, te stoga nije put ka "standardizaciji" ili "uniformizaciji" evropskog visokoškolskog obrazovanja. Poštuju se fundamentalni principi autonomije i raznovrsnosti.
- Deklaracija odražava potragu za jedinstvenim evropskim odgovorima na zajedničke evropske probleme. Proces je potekao iz shvatanja da se, uprkos važnim i dragocnim razlikama, evropski visokoškolski sistemi suočavaju sa čitavim nizom zajedničkih internih i eksternih izazova, vezanih za razvoj i sve veću raznovrsnost visokog obrazovanja, mogućnost zapošljavanja svršenih studenata, pomanjkanje veština potrebnih za neke ključne oblasti, ekspanziju privatnog i transnacionalnog obrazovanja itd. Deklaracijom se priznaje značaj koordinisanih reformi, kompatibilnih sistema i zajedničkog delovanja.

Bolonjska deklaracija nije samo politička izjava, već preuzeta obaveza da se jedan program sprovede u delo.

Jasno je, dakle definisan zajednički cilj: **kreirati evropski prostor za visoko obrazovanje, kako bi se povećalo zapošljavanje i pokretljivost građana, i povećala međunarodna konkurencija evropskog višeg obrazovanja.**

- Evropski prostor za visoko obrazovanje kompletirati do 2010 god.
- Usvajati zajedničke okvire uporedivih zvanja, kroz implementaciju dopuna diploma.
- Uvođenje dva nivoa studija: dodiplomskih (BA- "bachelor") i magistarskih (MA- "masters") diploma, s tim da prve (BA) traju namanje tri godine (ali ne više od 4!, - primedba R. M.).
- Uvesti kompatibilni sistem kreditiranja, koji treba da pokrije i aktivnosti vezane za obrazovanje tokom celog života.
- Osiguravanje kvaliteta studija, sa uporedivim kriterijumima i metodama.
- Eliminirati sve prepreke slobodnom kretanju studenata, diplomaca, posle diplomaca, ali i profesora, istraživača i administracije.

U Bolonjskoj Deklaraciji se takođe podvlači i ističe:

Bolonjski proces za cilj ima konvergenciju, a ne standardizaciju i unifikaciju. Poštuju se fundamentalni principi autonomije i raznovrsnost evropskog višeg obrazovanja.

Deklaracija nije samo politička izjava, već preuzeta obaveza da se jedan program sprovede u delo.

Postizanje ciljeva Deklaracije sprovodiće se putevima međusobne kooperacije.

Deklaracija kaže da međudržavna saradnja treba da bude zajedno sa nedržavnim evropskim organizacijama, koje imaju kompetencije u višem obrazovanju.

Ministri za kulturu su u Pragu, maja 2001., (sledeći sastanak je dogovoren da se održi u Berlinu u drugoj polovini 2003.) potvrdili da se osnovne smernice Bolonjske

deklaracije sadrže u sledećem:

- Prihvatajne sistema lako prevodivih i uporedivih diploma i zvanja, koji odražava stvarnu raznovrsnost kvalifikacije.
- Prihvatanje sistema kredita koji se bazira na dva glavna ciklusa: osnovnih studija (BA) i magistarskih (MA).
- Uspostavljanje sistema kredita ECTS, koji obezbeđuje kako mogućnost akumulacije tako i mogućnost transfera.
- Podsticanje i pospešivanje mobilnosti studenata, nastavnika, istraživača i administrativnog osoblja, kao cilj od najvećeg značaja.
- Promovisanje evropske saradnje u domenu potvrde kvaliteta.
- Promovisanje evropskih dimenzija u visokom obrazovanju. To znači da visoko školstvo pojača razvoj modula, kurseva i nastavnih programa na svim nivoima koji bi imali evropski sadržaj, odnosno organizaciju i orijentaciju.
- Učenje u toku celog života, kao jednog od suštinskih elemenata Jedinstvene evropske teritorije za visoko i više obrazovanje.
- Studenti su aktivni i konstruktivni partneri, pri čemu treba uzeti u obzir i socijalnu dimenziju.
- Promoviranje atraktivnosti Jedinstvene evropske teritorije za visoko i više obrazovanje.
- Napred pobrojane aktivnosti zahtevaju da se za njihovu realizaciju mora pristupiti ne pojedinačno, već planski-koordinisano, kako na nivou države tako i na nivou tehničkih i mašinskih fakulteta.

3. STANJE I RAZVOJ UNIVERZITETSKE NASTAVE KOD NAS

Negativna kretanja u svim domenima našeg društva u poslednjoj deceniji prošlog veka odrazila su se i na visoko školstvo. Da pomenemo neki od tih procesa: osiromašenje, porast korupcije (negde više, negde manje!), izolovanost i smanjenje kontakata sa Evropom, kako sa fondacijama tako i sa visokoškolskim institucijama i lično, zastoj i pad u istraživanjima, porast nesamokritičnosti i samozavaravanja u pogledu kvaliteta nastave i kadrova koje dajemo, otpor promenama u obliku konformizma itd.

Ako se, uslovno, prihvati da na osiromašenje, 1200-1300 dolara nacionalnog dohotka, nismo mogli da utičemo, time i najvećim delom na posledice, postavlja se pitanje mesta i uloge Univerziteta, da ponovimo po ko zna koji put tu frazu.? Ili, jednostavno rečeno: Šta treba i može da uradi Univerzitet?

Da bi se na ovo pitanje moglo da odgovori treba napraviti "sliku stanja na Mašinskim fakultetima". Ograničavam se na Mašinske fakultete i "slika stanja" se na njih odnosi.

1. **Korupcija** mislim da nije prisutna (ili u vrlo malom obimu), jer nismo "interesantni": nemamo veliki pritisak za upis, nemamo strane studente i sl.
2. Mašinstvo, kao i celo naše školstvo počev od prvog razreda, počiva na **reprodukciji**, nauči-zapamti i reprodukuj, a ne na **kreaciji, nauči da razmišljaš**.
3. Mašinstvo, kao i celo naše školstvo, je preobimno, često opterećeno nepotrebnim znanjem i

činjenicama, pa bi bilo potrebno da se zapitamo (ali i da pogledamo kako to i drugi "bolji" rade) šta tu treba menjati.

4. Visoko školstvo, pa i mašinstvo, su u jednom dugom periodu pokazali veliku dozu **inertnosti i otpora prema stvarnim promenama**: sve se svodilo na "nove smerove i profile", nove predmete... pri čemu su preterani uticaj imali lične ambicije i motivi.
5. Nastavnici, dobrim delom, predaju ono "što znaju "a ne i ono "što treba"!
6. **Za sve neuspehe na ispitima su studenti krivi**: "ne posećuju predavanja", "ne uče", dolazi nam slab kvalitet itd. Uspeh na ispitima iz pojedinih predmeta, od 10-20%, je kod nas normalna stvar. **Gde je tu odgovornost nastavnika, i odgovornost svih nas?**
7. Nastavnik nikom ne odgovara i ne polaže račune za svoj rad! Treba da se uspostavi kontrola i ocena rada nastavnika, kao što je to u tzv. razvijenom svetu (Dekan, šef Katedre, studenti... to je jedan složen mehanizam koji bi trebalo početi graditi).
8. Broj ispita preko 35 postoji preko 50 godina, a tek u zadnje vreme "stidljivo" smanjujemo po neki. U Nemačkoj je taj broj davno ispod 30.
9. "Kod nas" broj ispita je ustvari **preko 70**, jer, po pravilu, svi imaju i pismeni i usmeni!!! U razvijenom svetu ispit je ili pismeni, ili usmeni. Krajnje je vreme da se po ovom pitanju napravi jedna ozbiljna analiza, pri čemu treba, pre svega, uzeti iskustva i drugih, u smislu stimulacije i ocenjivanja, pre svega **kreativnosti**.
10. **Ne mala doza nekritičnosti, samozadovoljstva, konformizma**, prisutna je na tehničkim fakultetima, pa i na Mašinstvu, gde vlada jedno uvreženo mišljenje kako dajemo "kadrove koji se brzo afirmišu na Zapadu", pa iz toga sledi mišljenje kako "ništa ne treba menjati"!
11. Uz napred "datu sliku" treba dodati našu već poslovičnu (ne)organizovanost, nestalnost u sprovođenju dogovorenih obaveza i principa i uvek prisutan **srpski destruktivni individualizam ili individualni destruktivizam**.

Postavlja se pitanje, odakle i kako početi?

Po našem mišljenju najveći problem je u našim glavama! U našim glavama treba da nastanu promene. Pre svega da prihvatimo moto "Menjaj se ili ćeš umreti", a onda da počnemo "od belog papira da rešavamo" većinu stvari, i što je moguće više dosadašnje iskustvo i tradiciju podvrgnuti kritičko-analitičkoj analizi.

Na pitanje kako to uraditi, odgovorio bih jednom anegdotom, a anegdote najčešće daju srž istine.

"Dobili Japanci i Srbi da grade po jedan hotel. Hoteli su bili identični. Rok izgradnje 3 godine. Srbi počeli da grade posle 6 meseci. Prošla je jedna godina, pa druga a od Japanaca ni traga. Srbi su bili već blizu krova. Došli su Japanci i završili hotel i pre roka, a Srbi ni posle tri

godine." Dakle potrudimo se da ličimo na Japance: organizujemo radne grupe koje treba da naprave npr. pregled i analizu nastavnih planova naših i nekoliko inostranih mašinskih fakulteta, režim studija, sistem "kredita" itd. **"Bolonjski proces" treba i mora da počne "odozgo", od države, jer je ona potpisnik svih dokumenata vezanih za stvaranje Jedinствене evropske teritorije za visoko i više obrazovanje.**

4. MAŠINSTVO I BUDUĆI RAZVOJ

Ako se razvoj mašinstva ne razmatra u širokom okviru, odnosno ako "smanjimo broj parametara", kako se to obično kaže u istraživanju, i posmatramo njegov razvoj u bližem okruženju, onda mogu da se sagledaju neki okviri razvoja. Pre svega, na njegov razvoj imaju i imaće presudan uticaj:

- mikroelektronika
- informatika
- novi materijali

Već danas je učešće elektronike i merne tehnike u visokom procentu prisutno u mašinskim sistemima. Povećanjem nivoa automatizacije, robotizacije i uopšte, težnjom da tehnološkim sistemima sve više upravljaju mašine a ne ljudi, procentualno elektronike i merne tehnike će se stalno povećavati.

Ubuduće mašinstvo će se sadržati u:

- konstruisanju
- proizvodnji
- regulacionoj i mernoj tehnici
- elektronici i
- informatici

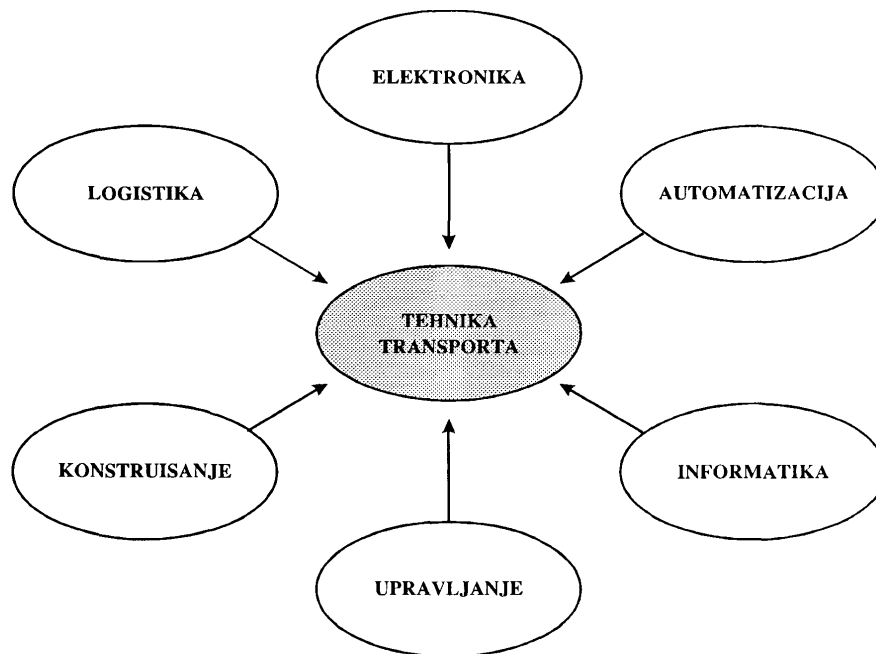
Konstruktor-projektant već danas koristi, a ubuduće će sve više koristiti računare, računarsku tehniku i mformatiku, a zbog njihovog daljeg brzog razvoja biće prinuđen da prati njihov razvoj: jer konkurencija na tržištu će i dalje biti žestoka i nemilosrdna i opstajće samo oni koji su u stanju da prate razvoj.

Konstruktor, odnosno mašinstvo kao celina, takođe će sve više morati da vode računa i o ekološkim zahtevima, čiji je značaj sve prisutniji u svim domenima nauke.

Logistika je naučna disciplina čiji je predmet planiranje, upravljanje, praćenje i nadziranje tokova materijala, ljudi, energije i informacija u sistemima, pa obzirom na razvoj tehnike i organizacije ljudskog života uopšte, treba očekivati dalji brzi razvoj logistike i njeno značajno mesto u mašinskoj tehnici.

5. RAZVOJ TEHNIKE RANSPORTA

Sve veća automatizacija mnogih tehnoloških procesa i rada takođe je pred tehniku transporta postavila nove zahteve koje je ona morala da rešava. Sadržaj tehnike transporta i njena veza sa ostalim disciplinama može se šematski ovako predstaviti:



Na slici su dati glavni problemi, pravci razvoja i istraživanja tehnike transporta.

Moglo bi da se kaže da sredstva tehnike "transportne budućnosti", da bi pratila razvoj tehnike, moraju da koriste i informatiku i logistiku, i da svojom sve lakšom konstrukcijom, koristeći uglavnom stare materijale (sa poboljšanim karakteristikama i boljim iskorišćenjem), uz pomoć elektronike daju sredstva sa bitno novim sistemima upravljanja sa višim stepenom automatizacije.

Nastava iz tehnike transporta će morati da svojim programima ispuni prethodne zahteve. U tom smislu za organizaciju i sistem nastave važiće isto kao i za nastavu celokupnog mašinstva: **nastava na fakultetu nije kraj obrazovanja, već samo jedan (visoki) stepen u toku radnog veka obrazovanog inženjera.**

6. ZAKLJUČAK

Bolonjska deklaracija je obaveza i sadrži temeljne principe budućeg Jedinственog evropskog prostora visokog i višeg obrazovanja. Promenama pristupiti posle temeljne analize mašinskih fakulteta, na nivou Jugoslavije i Republike Srpske.

Mašinstvo će u skoroj i daljoj budućnosti predstavljati jedan od stubova tehničkog i tehnološkog napretka. Njegov razvoj će sve više biti u zavisnosti i sprezi sa drugim tehničkim, ali i društvenim disciplinama: elektronikom, informatikom, ali i ekonomijom, ekologijom, sociologijom i dr.

Primena računara, informacionih sistema, automatizacija i novi materijali bitno će uticati na pristup i način mišljenja u budućim istraživanjima i razvoju tehnike transporta i mašinske tehnike. Visoko školstvo, koje je po svojoj prirodi inertno, biće prinuđeno da prati brze promene i priliv velike količine novih saznanja.

Reference

- [1] Bolonjska Deklaracija 1999.
- [2] Bolonjska Deklaracija - objašnjenja
- [3] Praški dokumenti 2001.
- [4] Zaključci iz Salamanke

- [5] Conclusions of the work of thematic groups, by Rapporteur Konrad Osterwalder, Rector, ETH Zürich, Salamanca 2001.
- [6] Severin, D. ie Bedeutung des Fachgebietes "Fördertechnik" für die Lehre innerhalb des Allgemeinen Maschinenbaus an einer Technischen Universität, Inst. für die Fördertechnik und Getriebetechnik, Berlin 1992.,
- [7] Severin, D. Wie begegnet die Universität der Zukunftigen Entwicklung im Maschinenbau, Mašinstvo za XXI vek, Tehnički fakultet Novi Sad, 1995.,
- [8] Babin, N., Vladić, J. Savremeni transportni sistemi i problematika obrazovanja, Transport u industriji, Beograd 1994.,
- [9] Popović, P. Globalni problemi sistema kvaliteta, Istraživanje i razvoj mašinskih sistema i elemenata, Mašinski fakultet Niš, 1995.

PERSPECTIVES OF UNIVERSITY TEACHING, MECHANICAL ENGINEERING AND TRANSPORT TECHNIQUES

Radić Mijajlović

Abstract: Changes in university teaching have always been present and current, but they were carried out in more or less formal way: by the change of curriculum, introduction of new profiles and majors and along with it new subjects. Forming of EU and global european market and growing influence of United States of America, as the only left super-power, is present everywhere, and also in universities across Europe. The consequences of such influence are the Bologna declaration, the Prague document etc. We too couldn't avoid this process and changes on university are today more present than ever. Paperwork discusses this matter considering the Bologna declaration and the Prague document, and also directions of future mechanical engineering and transport techniques development.

Keywords: University, education, transport

RAZVOJNI I ISTRAŽIVAČKI PROJEKTI ŽTP «BEOGRAD» U OBLASTI VOZNIH SREDSTAVA

Dušan Milutinović¹, Luka Čupković²

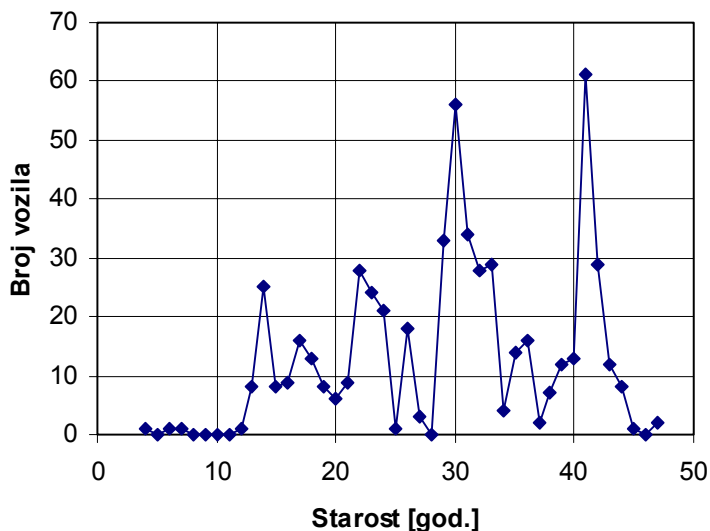
Rezime: Tehničko stanje vozniha sredstava ŽTP-a "Beograd" karakteriše nepovoljna starosna struktura i zastarelost tehničkih rešenja. Zbog toga u narednom periodu treba pokrenuti niz projekata čiji je osnovni cilj obnova voznog parka bilo kroz rekonstrukciju i modernizaciju postojećih vozniha sredstava bilo kroz nabavku novih. Cilj ovog rada je prikaz mogućih, u skladu sa potrebama ŽTP-a "Beograd" u budućnosti, razvojnih i istraživačkih projekata, čija realizacija treba da obezbedi, pre svega, veću pouzdanost i raspoloživost voznog parka. Kraći prikaz predviđenih rekonstrukcija, odnosno projekata koji treba da se realizuju, dat je u radu i predstavlja rezime detaljnijih analiza rađenih u odgovarajućim službama ŽTP-a.

Ključne reči: železnička vozila, razvojni projekti, istraživački projekti, rekonstrukcija, nabavka

1. UVOD

Tehničko stanje vozniha sredstava ŽTP-a "Beograd" karakteriše nepovoljna starosna struktura i zastarelost tehničkih rešenja. Zbog velikih problema u održavanju to se posebno nepovoljno odražava na funkcionalnost vučnih vozila, pa stepen imobilizacije pojedinih serija dostiže i 65%. Na sl.1. su prikazani podaci koji pokazuju starosnu strukturu vučnih vozila ŽTP "Beograd". Vidi se vrlo veliko učešće u voznom parku vozila starih preko 30 godina

(58,4%) i izuzetno veliko učešće vozila starih preko 20 godina (čak 83,8%). Najnovija vučna vozila u ŽTP-u "Beograd" su elektromotorni vozovi (3 garniture) nabavljeni 1995., 1996. i 1998. godine, ali je poslednja veća nabavka novih vučnih vozila bila u periodu od 1986. do 1990. godine (20 elektromotornih vozova serije 412/416, 8 elektrolokomotiva serije 441 i 17 manevarskih dizel-lokomotiva serije 641). Ta vučna vozila su sada stara između 12 i 16 godina i blizu su polovine svog eksploatacijskog veka.



Sl 1. Starost vučnih vozila ŽTP «Beograd»

Dakle, vozni park se mora obnavljati ili rekonstrukcijom postojećih vozniha sredstava ili nabavkom novih. Pre realizacije aktivnosti na obnovi voznog parka moraju se definisati neki osnovni principi koji će biti izneti u okviru ovog uvodnog dela rada.

Naime, kao što je poznato, u narednom relativno dugom periodu u okviru reorganizacije ili restrukturiranja železnice predviđa se prvo samo organizaciono, a onda i konačno razdvajanje infrastrukture i prevoza. Međutim, ta dva segmenta železnice ipak moraju ostati u čvrstoj vezi.

Teorijski i stručno tehnički gledano to će, naravno, i dalje ostati jedan sistem sa velikim brojem uzročno-posledičnih veza. Zbog toga interesi i potrebe naše železnice u oblasti vozniha sredstava u velikom delu zavise od postavljenog koncepta razvoja infrastrukture.

Taj koncept razvoja infrastrukture se, možda malo previše uprošćeno, može iskazati kroz težnju da se postojeća mreža pruga dovede na nivo projektovanih osnovnih karakteristika i, u krajnjem, obezbede mogućnosti kretanja po njima vozova brzinama za koje su pruge

¹doc. dr Dušan Milutinović, dipl.maš.inž., pom. gen. dir. za istraživanje i razvoj vozniha sredstava - Rad po pozivu

²mr Luka Čupković, dipl.maš.inž., viši savetnik, ŽTP "Beograd", Nemanjina 6, 11000 Beograd

projektovane. Kao što se zna, zbog dugogodišnjeg neodržavanja naših pruga vozovi se po njima kreću brzinama koje su znatno ispod projektovanih. S druge strane, iz istog razloga neodržavanja, vrlo veliki procenat voznih sredstava je neispravan i nije u saobraćaju.

U skladu s tim, deo koncepta ŽTP "Beograd" i **prvi princip** je da vozna sredstva i u budućnosti ne treba da imaju znatno veće performanse kretanja (brzinu i ubrzanje) nego do sada, ali se zato insistira na značajnom povećanju njihove pouzdanosti i raspoloživosti. Dakle, potrebna su vozna sredstva koja se manje kvare i koja manje vremena provode u depoima za popravke.

Drugi princip je da, bez obzira na veliku starost voznih sredstava, svuda gde je to moguće, do pouzdanijih voznih sredstava treba doći rekonstrukcijom postojećih, u okviru koje će se izvršiti i odgovarajuće modernizacije. Ovog principa se pridržavaju i mnogo bogatije zemlje od naše, pa zašto ne bi i mi.

Treći princip je ustvari pragmatična primena prethodnog principa, a to znači da ćemo nova vozna sredstva nabavljati samo ako tehno-ekonomske analize pokažu neopravdanost realizacije rekonstrukcije određene vrste voznih sredstava.

Rekonstrukcijom voznih sredstava treba zameniti zastarele i nepouzdanе uređaje i opremu, koji poskupljuju troškove eksploatacije i održavanja, i postići sledeće osnovne efekte:

- Povećano učešće u prevozu putnika i robe sa višim nivoom kvaliteta davanja usluga,
- Bolje povezivanje regiona sa kraćim vremenima putovanja,
- Povećanje preostalog tehničkog veka trajanja nakon modernizacije vozila na minimum 20 godina,
- Zapošljavanje domaće industrije i njena kooperacija sa poznatim svetskim proizvođačima i primena modulske gradnje i savremenih tehnologija,
- Podizanje na viši tehničko-tehnološki nivo eksploatacije i održavanja voznih sredstava korišćenjem savremene dijagnostičke i informatičke opreme i uređaja za kontrolu pouzdanosti i veka trajanja komponenata,
- Veća pouzdanost komponenata i vozila u celini,
- Smanjenje troškova eksploatacije i održavanja ugradnjom pouzdanijih komponenata sa dužim vekom trajanja,
- Bolja zaštita čovekove okoline eliminisanjem generatora pare i ugradnjom novih dizel-motora

koji ispunjavaju tehničke zahteve EN i UIC iz ove oblasti, i

- Bolji uslovi rada osoblja u eksploataciji i održavanju.

Cilj ovog rada je prikaz mogućih, u skladu sa potrebama ŽTP-a "Beograd" u budućnosti [1], razvojnih i istraživačkih projekata, čija realizacija treba da obezbedi, pre svega, veću pouzdanost i raspoloživost voznog parka. Kraći prikaz predviđenih rekonstrukcija, odnosno projekata koji treba da se realizuju, dat je u radu i predstavlja rezime detaljnijih analiza rađenih u odgovarajućim službama ŽTP-a.

2. RAZVOJNI PROJEKTI I PROJEKTI NABAVKE NOVIH VOZNIH SREDSTAVA

Kao što je u uvodnom delu već rečeno razvojni projekti u oblasti voznih sredstava će uglavnom biti projekti rekonstrukcije i modernizacije postojećih voznih sredstava u cilju povećanja pouzdanosti i raspoloživosti. To su projekti čija realizacija zahteva visok nivo tehničko-tehnološke spremnosti svih učesnika u realizaciji razvoja. Međutim, i poslovi na nabavci novih voznih sredstava podrazumevaju angažovanje visokostručnog tehničkog kadra i to uglavnom na preciznom i jasnom definisanju tehničkih zahteva i opisa sredstva koje se nabavlja (uvek putem tendera, a to stvara dodatne teškoće), a zatim i na analizi ponuda potencijalnih isporučilaca.

Pregled predviđenih rekonstrukcija u cilju modernizacije postojećih i nabavki novih voznih sredstava za naredni period 2003.-2005. godina (mogućih ukoliko se obezbede finansijska sredstva) daje se po serijama voznih sredstava kao tabelarni prikaz broja vozila, koja su predviđena za rekonstrukciju ili nabavku, sa kratkim tehničkim opisom sredstava koja treba da se nabave ili opisom predviđene rekonstrukcije.

2.1. Elektrolokomotive

2.1.1 Modernizacija elektrolokomotiva serije 441 i 461

U inventarskom parku ŽTP-a "Beograd" nalazi se 76 elektrolokomotiva serije 461 i 91 elektrolokomotiva serije 441, čije su prosečne starosti 26, odnosno 28,5 godina. Za period od 2003. do 2005. godine planirana je njihova modernizacija i to ukupno 45 elektrolokomotiva 441 i 461 (tabela 1). Za tu modernizaciju odobren je kredit Evropske banke za obnovu i razvoj, čija je ukupna vrednost 25 miliona EUR.

Tabela 1. Planirana modernizacija elektrolokomotiva 441 i 461

| | | 2003. | 2004. | 2005. |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|
| Elektrolokomotive | 441 | 5 | 16 | 9 |
| | 461 | 3 | 9 | 3 |
| Ukupno: | | 8 | 25 | 12 |

Modernizacijom elektrolokomotiva očekuje se ostvarenje sledećih ciljeva:

- produženje radnog veka,
- poboljšanje eksploatacionih parametara,
- smanjenje troškova eksploatacije,

- poboljšanje uslova rada mašinovođa,
- maksimalno moguća unifikacija lokomotiva serije 441 i 461,
- smanjenje obima i troškova održavanja,
- uvođenje savremenih metoda i postupaka u održavanju.

Preostali tehnički vek trajanja ovih lokomotiva nakon modernizacije biće produžen za minimum 20 godina.

Obim radova će obuhvatiti glavnu opravku, modifikaciju i modernizaciju [2].

U okviru glavne opravke obaviće se i obavezna zamena delova opreme kojima je istekao eksploatacioni vek. Ovde spadaju: kablovi električne instalacije, motori pomoćnog pogona, električni aparati naponskog nivoa 72 V (110 V) DC, električni aparati naponskog nivoa 380 V i 3x380 V AC, električni merni instrumenti, gumeno-metalni elementi, amortizeri, kotrljajni ležajevi, svornjaci i čaure, zavojno kvačilo sa zavojnim vretenom, odbojnici, vodovi pneumatske instalacije, i druga oprema prema ugovorenim obimima radova.

Modifikacija će obuhvatiti konstrukcione izmene komponenata lokomotive, ili njihovu zamenu, pre svega radi poboljšavanja pouzdanosti i raspoloživosti lokomotiva. Predviđena je modifikacija krovne opreme, električnih merenja, promena upravljačkog napona sa 72 V DC na 110 V DC (kod lokomotiva serije 441), modifikacija agregata glavnog transformatora, glavne prigušnice, teretnog prekidača, modifikacija obrtnih postolja, pneumatske instalacije, modifikacija uređaja za peskarenje, uređaja za podmazivanje venca točkova i uređaja budnosti, modifikacija zemljospojne zaštite itd.

U okviru modernizacije planira se ugradnja novih savremenih komponenti, sklopova i agregata umesto postojećih, koji dodatno unapređuju funkcionisanje, raspoloživost i pouzdanost lokomotive. Modernizacija će obuhvatiti: zamenu postojeće relejne opreme mikroprocesorskim uređajem za funkciju upravljanja, zaštite i dijagnostike kvarova s porukama za otklanjanje neispravnosti preko displeja u upravljačnicama, ugradnju invertorskog pretvarača za napajanje motora pomoćnog pogona kod lokomotiva serije 441 i ugradnju asinhronog pretvarača faza kod lokomotive serije 461, ugradnju elektrodinamičke kočnice na lokomotivama serije 441 na

kojima nije ugrađena, i otpornika za električno kočenje nove konstrukcije na lokomotivama serije 461, uvođenje funkcije koordiniranog rada elektrodinamičke i pneumatske kočnice, ugradnju elektronskog brzinomernog uređaja, poboljšanje postojeće protivklizne zaštite i uvođenje zaštite od blokiranja točkova pri kočenju (pneumatskom i elektrodinamičkom kočnicom), ugradnju kočnih cilindara s pritvrdnom kočnicom, ugradnju vijčanog kompresora i odgovarajućeg sušača vazduha i modernizaciju upravljačnice i ugradnju klima-uređaja.

2.1.2 Nabavka novih elektrolokomotiva

Za dalju budućnost (posle 2005. godine) predlaže se, za korišćenje na koridoru X, nabavka novih elektrolokomotiva trajne snage oko 5-6 MW, napona napajanja 25 kV, 50Hz, osovinskog rasporeda Bo'-Bo', mase 80 t za brzinu $V_{max}=160\text{km/h}$. Pored impozantnih performansi jedna od značajnijih osobina takvih elektrolokomotiva je opremljenost savremenim mikroprocesorskim sistemom za funkciju upravljanja, zaštite i dijagnostike kvarova, koji značajno olakšava rukovanje lokomotivom i njeno održavanje.

2.2. Vozne dizel-lokomotive

U inventarskom parku ŽTP "Beograd" nalazi se 85 lokomotiva serije 661 prosečne starosti oko 38 godina. U narednom periodu 2003.-2005. godina planira se rekonstrukcija 45 lokomotiva (planirana dinamika isporuke data je u tabeli 2). Lokomotive bi se koristile na neelektrificiranim regionalnim prugama za mešovitu vuču. Na manjem broju lokomotiva ugradio bi se sistem za elektrogrejanje, 1500 V AC, 50Hz. Modernizacijom ovih lokomotiva njihov tehnički vek trajanja bi se produžio na minimum 20 godina. Procenjeno je da bi cena modernizacije jedne lokomotive iznosila oko 40%-50% cene nove lokomotive, pa bi se troškovi modernizacije isplatili za period od 6-9 godina.

Tabela 2. Planirana modernizacija dizel-lokomotiva serije 661

| | 2003. | 2004. | 2005. |
|--|-------|-------|-------|
| Modernizacija ukupno 45 dizel-lokomotiva serije 661 | 2 | 18 | 25 |

Inače modernizacija dizel-lokomotiva serije 661 bi obuhvatila sledeće [3]:

- Obnovu ramova obrtnih postolja i rekonstrukciju i modernizaciju upravljačnice sa ugradnjom klima-uređaja,
- Obnovu kompresora i vazdušne kočnice,
- Postojeći dizel-motor 16-567E konvertovao bi se u savremeniji motor 16-645C i E sa novougrađenim cilindarskim košuljicama koje su laserski otvrdnute,
- Zamenu mehaničkog pogona ventilatora za hlađenje električnim, sistem AC,
- Zamenu mehaničkog pogona ventilatora za hlađenje vučnih motora električnim, sistem AC,
- Remont glavnog generatora,
- Remont postojećih vučnih motora,
- Skidanje generatora pare,

- Zamenu niskonaponske instalacije, i
- Osavremenjavanje sistem za regulaciju pogona i ugradnju savremenog sistema za dijagnostiku kvarova.

2.3. Manevarske dizel-lokomotive

Preko 70% od ukupnog broja manevarskih lokomotiva čini serija 641. U ovoj seriji najmlađa je podserija 641-300, ali nije najbrojnija. Za lokomotive te podserije treba intenzivirati periodične opravke, uz sprovođenje manjeg obima modifikacije i modernizacije na pojedinim sistemima lokomotive (sistem za prehranjivanje dizel-motora sa 2 radijalne turbine, regulator snage i sl.). Na taj način bi se najbrže ublažio nedostatak manevarskih lokomotiva.

2.3.1 Modernizacija manevarskih dizel-lokomotiva serija 641, 642 i 643

Kod lokomotiva serija 641-100 i 200 i 642/643 predviđa

obimna rekonstrukcija i u okviru nje zamena i ugradnja novih savremenih dizel-motora, čije su karakteristike: veliki vek trajanja, velika pouzdanost i mala potrošnja goriva i maziva. U tabeli 3 dati su podaci o broju lokomotiva

predviđenih za rekonstrukciju u periodu 2003. - 2005. godina. U istoj tabeli za isti period dati su i podaci o potrebama za nabavkom manevarskih dizel-lokomotiva male snage (oko 200 kW).

Tabela 3. Planirana modernizacija dizel-lokomotiva serija 641, 642 i 643 i manevarskih lokomotiva manje snage

| | | 2003. | 2004. | 2005. |
|---|--------------------------------|-------|-------|-------|
| Dizel-lokomotive serije 641, 642 i 643 za manevar i laku lokalnu vuču | Modernizacija | 2 | 17 | 15 |
| Dizel-manevarke manje snage (200 kW) | Nabavka ili domaća proizvodnja | 2 | 16 | |
| Ukupno: | 52 | 4 | 33 | 15 |

U okviru modernizacije manevarskih dizel-lokomotiva serija 641, 642 i 643 izvršila bi se:

- Ugradnja novog savremenog dizel-motora,
- Rekonstrukcija upravljačnice uz smanjenje buke na 76 dB i ugradnju klima-uređaja,
- Remont kompresora i pneumatskih uređaja i opreme,
- Ugradnja novog kočnika i rasporednika,
- Ugradnja novog pomoćnog agregata za punjenje akumulatorskih baterija i zagrevanje vode kada zimi ne radi dizel-motor,
- Ugradnja hidrostatičkog pogona ventilatora i svih pomoćnih agregata (641-100 i 200),
- Remont glavnog generatora,
- Remont vučnih motora,
- Remont obrtnih postolja, i
- Ugradnja novog upravljačko-regulacionog sistema sa dijagnosticanjem kvarova i zaštitom uređaja i opreme.

2.3.2 Nabavka novih dizel-manevarskih lokomotiva manje snage

Za manevarski rad u manjim stanicama, depoima, radionicama i na industrijskim kolosecima nisu potrebne

manevarske lokomotive velike snage. Za taj rad dovoljne su 2-osovinske dizel-hidrauličke lokomotive manje snage do 200 kW sa ugrađenim savremenim dizel-motorom i hidrauličkim prenosnikom snage, hidrodinamičkom kočnicom, osovinskim opterećenjem 16 t i maksimalnom brzinom od 60 km/h.

2.4. Motorni vozovi

Najnovije analize pokazuju da će dugoročno gledano (do 2020. godine), ako se izvrši planirana elektrifikacija, ukupne potrebe za novim motornim vozovima biti: 150 elektromotornih vozova (EMV) i 86 dizel-motornih vozova (DMV) [4]. Deo tih potreba će biti zadovoljen rekonstrukcijom i modernizacijom postojećih elektromotornih vozova serije 412/416, a veći deo će biti iz nabavke novih garnitura. Opredeljenje je da se teži unifikaciji sklopova i uređaja elektromotornih i dizel-motornih vozova.

2.4.1 Novi elektromotorni vozovi

U bliskoj budućnosti planira se nabavka 20 novih dvodelnih elektromotornih vozova. U tabeli 4 prikazana je planirana dinamika nabavke novih elektromotornih vozova i revitalizacija sa modernizacijom postojećih.

Tabela 4. Planirana nabavka novih EMV i revitalizacija i modernizacija EMV serije 412/416

| | | 2003. | 2004. | 2005. |
|--|----|-------|-------|-------|
| Revitalizacija i modernizacija elektromotornih vozova serije 412/416 | | 10 | 10 | |
| Nabavka novih elektromotornih vozova | | | 10 | 10 |
| Ukupno: | 40 | 10 | 20 | 10 |

Osnovne karakteristike novih elektromotornih vozova su:

- Sastav voza – dvodelni,
- Mesta za sedenje oko 110,
- Mesta za stajanje oko 120,
- Dvoje ulaznih vrata širine 1300 mm po jednoj strani kola,
- Odeljci za putnike i kabina mašinovode su klimatizovani,
- Visina poda ulazišta 500-750 mm,
- Nazivni napon mreže 25kV, 50Hz,
- Snaga do 1100 kW,
- Vučni motori – trofazni asinhroni,

- Najveća brzina 120 km/h,
- Ubrzanje 0,7 do 1 m/s²,
- Najveća masa po osovini 18 t, i
- Snaga kočnice za zaustavni put od 1000 m,

2.4.2 Revitalizacija i modernizacija elektromotornih vozova serije 412/416

U periodu 2003.-2005. godina predviđena je revitalizacija i modernizacija 20 garnitura elektromotornih vozova serije 412/416. U okviru tih radova izvršile bi se izmene u:

- Glavnom strujnom kolu (uvođenje novog tipa glavnog ispravljača sa hlađenjem prirodnim strujanjem vazduha i zamena tipa vučnih

- kontaktora),
- Upravljačkom strujnom kolu (modifikacija upravljanja: vučnim kontaktorima, grejanjem, ulaznim vratima, ozvučenjem; uvođenje: automatskih osigurača, displeja za informisanje putnika itd.),
- Obrtnim postoljima (sanacija ošecenja nosača kočnih blokova),
- Upravljačnicama (uvođenje klima-uređaja),
- Pneumatskoj instalaciji (novi zavojni kompresor, parkirna kočnica, novi pogon ulaznih vrata), i
- Enterijeru putničkog prostora (prerada enterijera, sedišta i podne obloge od materijala koji ne podržavaju gorenje).

2.4.3 Novi dizel-motorni vozovi

U periodu 2003.-2005. godina predviđena je nabavka 23 dvodelne garniture dizel-motornih vozova (u tabeli 5 data je planirana dinamika modernizacije postojećih i nabavke novih). Vozovi bi se na osnovu transfera tehnologije proizvodili u kooperaciji sa domaćom industrijom, čije bi se učešće stalno povećavalo, tako da bi u kasnijoj fazi proizvodnje vozova, to učešće u časovima rada iznosilo i do 70%, a ostvarivao bi se i izvoz na svetsko tržište. U toku je izrada tehničkih uslova i tenderske dokumentacije za izbor najpovoljnijeg ponuđača za isporuku dizel-motornih vozova.

Tabela 5. Planirana rekonstrukcija, modernizacija i nabavka dizel-motornih vozova

| | 2003. | 2004. | 2005. |
|---|-------|-------|-------|
| Rekonstrukcija i modernizacija 16 dizel-motornih vozova 812/818 | 12 | 4 | |
| Nabavka 23 nova dizel-motorna voza | 5 | 8 | 10 |

Osnovne karakteristike novog dizel-motornog voza:

- Snaga 390 (ili 2x390 kW),
- Najveća masa po osovini 16 t,
- Najveća brzina 100 km/h (120 km/h),
- Najveća brzina na usponu 10% - 65 km/h,
- Ubrzanje $a = 0,7 \text{ m/s}^2$,
- Visina poda na ulazištu 500-750 mm,
- Ulazna vrata širine 1300 mm,
- Dvoja vrata na jednoj strani,
- Odeljci za putnike i kabina mašinovođe su klimatizovani,
- Snaga kočnice za zaustavni put od 400 m (700m),
- Mesta za sedenje 106, i
- Mesta za stajanje 118.

remontnim resursom od pređenih 400.000 km ili 13.000 časova rada,

- Zamenu glavnog rama (voznog postolja) motornih kola,
- Zamenu sistema za ogibljenje,
- Izradu novih upravljačkih pultova,
- Ugradnju nove kočnice, i
- Ugradnju dodatnog uređaja za grejanje motornih kola.

Rezultati uporedne analize starog motora U10 i novog Deutz-ovog motora pokazuju, da će se, samo na osnovu uštede u potrošnji goriva starog i novog motora, novi motor isplatiti za 19 meseci eksploatacije.

2.4.4 Modernizacija dizel-motornih vozova serije 812/818

U okviru projekta rekonstrukcije i modernizacije dizel-motornih vozova serije 812/818 predviđeno je da se rekonstruiše i moderernizuje 20 dizel-motornih vozova, od toga 4 dvodelne garniture u 2002. godini, a 16 u periodu od 2003. do 2005. godine.

Modernizacija bi bila realizovana u sklopu glavne opravke i podrazumeva:

- Zamenu postojećeg dizel-motora novim firme Deutz, snage 110 kW pri 1900 o/min, i

2.5. Putnička kola

U budućnosti organizaciju regionalnog putničkog saobraćaja treba u najvećem delu vršiti korišćenjem elektromotornih i dizel-motornih vozova. Zbog toga, jedan deo putničkih kola za $V_{\max} = 120 \text{ km/h}$ treba rekonstruisati za unutrašnji saobraćaj: povećati komfor, ugraditi jednonaponski statički pretvarač 1500 V AC, 50Hz, kočnicu P, poboljšati vođenje osovinskih sklopova i tako smanjiti trošenje točkova. Za međunarodni saobraćaj treba nabaviti polovna kola tip Z2, $V_{\max} = 160 \text{ km/h}$, i modernizovati postojeća. Ta kola imaju manje troškove održavanja u odnosu na tip Z1. Prednost dati nabavci kola BC, WL i WR.

Tabela 6. Planirana modernizacija i nabavka putničkih kola

| | 2003. | 2004. | 2005. |
|---|-------|-------|-------|
| Nabavka polovnih RIC kola | 22 | | |
| Modernizacija RIC kola tip Z2, $V_{\max} = 160 \text{ km/h}$ | 15 | 21 | |
| Modernizacija kola za potrebe unutrašnjeg saobraćaja, $V_{\max} = 120 \text{ km/h}$ | 11 | 10 | |
| UKUPNO 79 kola | 48 | 31 | |

2.6. Teretna kola

Radi usmeravanja drugih grana saobraćaja u

transportnom lancu na kombinovani prevoz železnicom, kao i povećanja motivisanosti industrije za smanjenje troškova transporta i zaštite čovekove sredine, prednost

treba dati nabavci Habis i rekonstrukciji G i E kola u R i S kola za multimodalni prevoz, čime će se povećati učešće

železnice u transportu roba.

Tabela 7. Planirana modernizacija i nabavka teretnih kola

| | 2003. | 2004. | 2005. |
|------------------------------|-------|-------|-------|
| Nabavka kola tip Habis | 50 | 50 | 50 |
| Modernizacija/rekonstrukcija | 96 | 160 | 180 |
| UKUPNO 586 kola | 146 | 210 | 230 |

3. NAUČNOISTRAŽIVAČKI I ISTRAŽIVAČKO-RAZVOJNI PROJEKTI

Značaj realizacije naučnoistraživačkih i istraživačko-razvojnih projekata za potrebe železnice je višestruk, pa će ovde biti istaknuta samo dva najznačajnija argumenta za finansiranje takvih projekata i u okviru jedne relativno male železnice kao što je naša.

Prvi argument je praktičan i odnosi se na koristi i uštede (smanjenje troškova) kada se rezultati istraživačko-razvojnih projekata primene u praksi, odnosno kada se na kraju istraživačko-razvojnog rada dođe do rešenja tehničkih problema koji su se javili u eksploataciji ili održavanju vozničkih sredstava. Povećanje pouzdanosti i raspoloživosti vozničkih sredstava treba da bude najčešći krajnji rezultat primene rezultata istraživanja.

Drugi argument je manje vidljiv, ali zato vrlo važan. Realizacija istraživačko-razvojnih, a posebno naučnoistraživačkih projekata iz oblasti šire železničke tehnike (mašinstvo, elektrotehnika, saobraćaj, građevinarstvo itd.) sigurno osvremenjuje i povećava nivo znanja istraživača i stručnjaka koji učestvuju u njihovoj realizaciji. Može se slobodno reći da je realizacija tih projekata jedina šansa za naše visokoškolske nastavnike svih oblasti železničke tehnike da prošire svoja znanja radeći na projektima čiji rezultati treba da podignu nivo funkcionisanja železnice, a to znači i da ta znanja prenesu budućim inženjerima koji će raditi na železnici. Iz toga proizilazi da se može uspostaviti čak i direktna veza između broja istraživačkih projekata koje realizuju nastavnici visokoškolskih ustanova za potrebe železnice i nivoa znanja koje će inženjeri školovani u tim ustanovama doneti na železnicu i koristiti ga u svakodnevnom radu.

Zbog svega toga, u poslednje vreme, i pored velikog nedostatka finansijskih sredstava, ŽTP "Beograd" finansijski podržava realizaciju određenog broja naučnoistraživačkih i istraživačko-razvojnih projekata. U cilju sticanja uvida u sadržaj projekata koji se sada realizuju u daljem tekstu biće navedene osnovne teme projekata sa kratkim komentarima.

Termička opterećenja točkova kočenih papučama su relativno čest uzrok pojave naprslina na njihovim površinama kotrljanja, koje mogu dovesti i do lomova sa teškim posledicama. Zbog toga je u toku realizacija naučnoistraživačkog projekta koji se bavi istraživanjem termičkih opterećenja točkova železničkih vozila u eksploataciji na našim prugama. Teorijska i eksperimentalna istraživanja sprovedena u okviru projekta su pokazala da je rešavanje tog problema značajno i za našu železnicu, a među dobijenim rezultatima su i mere koje treba preduzeti da se smanje termička opterećenja točkova posebno pri kretanju vozova na dugim padovima.

Kao nastavak prethodnog, sada se realizuje i istraživački projekat čiji je osnovni cilj proveravanja efikasnosti VMS točka

u smislu smanjenja termičkih opterećenja. Inače, VMS točak je točak manje "osetljiv" na dejstvo termičkih opterećenja, odnosno točak čije posebno konstruisano telo onemogućava pojavu većih zaostalnih napona u obodu i, samim tim, pojavu naprslina na površini kotrljanja i eventualni lom točka.

U oblasti vučnih vozila Ministarstvo za nauku i tehnologiju Republike podržava realizaciju projekta razvoja nove manevarske lokomotive.

U oblasti vučenih vozila realizuju se projekat definisanja tehničkih zahteva za rekonstruisana četvoosovinska putnička kola za unutrašnji saobraćaj i novi projekat rekonstrukcije teretnih kola, koji podržava i Ministarstvo za nauku i tehnologiju Republike.

Oblast održavanja vozničkih sredstava je prilično zastupljena kao tema istraživačkih projekata, koji se trenutno realizuju. Tri projekata su u toku:

- projekat izrade remontne dokumentacije za elektromotorni voz serije 412/416,
- projekat koji treba da obezbedi pouzdanu i efikasnu regeneraciju hidrauličkih amortizera, i
- najnoviji projekat koji se realizuje u cilju opšteg povećanja efikasnosti sistema za održavanja vozničkih sredstava sa ambicijama da se ostvare značajne uštede uvođenjem savremene dijagnostičke i informatičke opreme i principa održavanja prema stanju.

Na kraju, treba napomenuti da je u toku priprema realizacije vrlo značajnog projekta koji treba da istraži odnos točak-šina u našim uslovima eksploatacije. Primena rezultata tog dvogodišnjeg projekta, koji će se dobiti nakon sprovedenih teorijskih i eksperimentalnih istraživanja, treba da utiče na značajno smanjenje trošenja šina i točkova i odgovarajućih troškova održavanja.

4. ZAKLJUČCI

Zbog starosti postojećih vozničkih sredstava ŽTP "Beograd" je pred vrlo velikim poslom značajne obnove voznog parka i unapređenja sistema održavanja vozničkih sredstava ukoliko želi da poveća efikasnost prevoza i kvalitet prevozne usluge. Međutim, za realizaciju svih navedenih projekata obnove vozničkih sredstava potrebna su vrlo velika finansijska sredstva, pa je neophodno odmah definisati prioritete realizacije nabavke i/ili modernizacije po vrstama vozila. Zbog toga svaki projekat treba da sadrži detaljnu tehnološko-ekonomsku analizu opravdanosti ulaganja.

Realizacija većine projekata za obnovu vozničkih sredstava najvećim delom zavisi od mogućnosti obezbeđenja povoljnih uslova finansiranja. Pošto je obim predviđenih rekonstrukcija i nabavke vozničkih sredstava veliki, za realizaciju svih mogućih projekata definisanih prema potrebama ŽTP-a (navedenih u radu), neophodna su i velika finansijska sredstva, koja za period od 2003. – 2005. godine

iznose oko 314 miliona EUR. Međutim, do sada je obezbeđen samo kredit EBRD-a za remont, modifikaciju i modernizaciju 45 elektrolokomotiva serije 441 i 461 i u izgledu je kredit za rekonstrukciju manevarskih dizel-lokomotiva serije 641, 642 i 643 i nabavku novih elektromotornih i dizel-motornih vozova za prigradski i regionalni saobraćaj.

Literatura

- [1] Biznis-plan ŽTP «Beograd» 2002.-2006., ŽTP «Beograd» - Saobraćajni institut CIP, Beograd, 2002
- [2] Glavna opravka, modifikacija i modernizacija električnih lokomotiva, Sveska III tenderske dokumentacije, Zahtevi, Jugoslovenske železnice – ŽTP «Beograd», Beograd, 2002
- [3] L. Čupković, V. Marjanović, O. Božić: Elaborat o opravdanosti rehabilitacije i modernizacije dizel-elektrolokomotiva EMD GMC (USA), model G16 serije JŽ 661, ŽTP "Beograd", Beograd, 2001

DEVELOPMENT AND RESEARCH PROJECTS OF ŽTP "BEOGRAD" IN THE FIELD OF ROLLING STOCK

Dušan Milutinović

Summary – Technical condition of rolling stock in ŽTP "Beograd" is characterized by the bad age structure and old technical solutions. Therefore, in the next period series of projects should be completed in order to renovate the rolling stock through reconstruction and modernization of the existing railway vehicles or through acquisition of the new ones. The goal of this paper is to show the possible (according to the future needs of ŽTP "Beograd") development and research projects which should provide above all the higher reliability and availability of the rolling stock. This paper presents the shorter review of the expected reconstructions (projects that should be completed) and it represents the summary of the detailed analyses carried out in the corresponding departments of ŽTP "Beograd".

Keywords: railway vehicles, development projects, research projects, reconstruction, acquisition

TRIBOLOGIJA U TRANSPORTNIM SISTEMIMA

Branko Ivković¹

Rezime: Tribološka znanja se već nekoliko decenija koriste u velikoj meri u industrijski razvijenim zemljama kao jedna vrsta nove tehnologije kojom se smanjuju troškovi proizvodne i transporta i povećava produktivnost proizvodnih i transportnih sistema. U transportnim sistemima u našoj zemlji napori za povećanje veka trajanja transportnih sredstava i smanjenje troškova transporta kroz, najčešće, izbor odgovarajućih vrsta maziva i tehnologije podmazivanja bili su uvek prisutni u većoj ili manjoj meri. Međutim, tribološki pristup ovim problemima najmanje je korišćen, prema našim saznanjima železničkom transportu u našoj zemlji. Neke osnovne karakteristike tribološkog pristupa problemima produktivnosti u transportnim sistemima predmet su razmatranja u ovom radu.

Ključne reči: Tribologija, transportni sistem, tribo-mehanički sistem, železnički transport

1. UVOD

Pouzdanost rada i vek trajanja transportnih sredstava zavisi, u velikoj meri, od intenziteta razvoja triboloških procesa u tribo-mehaničkim sistemima u kojima se, pre svega, vrši prenos snage i kretanja. Međutim, od nivoa primene triboloških znanja u transportnim procesima zavisi kvalitet i produktivnost funkcionisanja transportnog sistema u celini.

Pod tribologijom u užem smislu podrazumeva se nauka i tehnologija o procesima trenja, habanja i podmazivanja u mehaničkim sistemima. Ona se i danas u velikoj meri odnosi na tribološke procese u mašinama i transportnim sredstvima (unitribologija). Danas se u razvijenim zemljama tribologija shvata znatno šire tako da je bilo neophodno izvršiti klasifikaciju tribologije na više grupa. Danas su već u upotrebi termini kao Teratribologija (svemirska tribologija), Gigatribologija (globalna tribologija), Kilotribologija (industrijska tribologija), Unitribologija (tribologija mašina), Decitribologija (tribologija komponentata), Macrotribologija (tribologija kontakta), Microtribologija (tribologija kontaktnih slojeva), i Nanotribologija (molekularna tribologija).

U ovom radu dat je prikaz mogućnosti povećanja veka trajanja i pouzdanosti funkcionisanja transportnih sredstava u železničkom transportu kroz primenu triboloških prilaza problemima poslovanja transportnih sistema u celini.

2. PRODUKTIVNOST I TRIBOLOGIJA U ŽELEZNIČKOM TRANSPORTU

Produktivnost industrijskih i transportnih sistema definiše se kao odnos izlaznih i ulaznih veličina sistema

$$P = \frac{OUTPUT}{INPUT}$$

Razlike u načinu izražavanja produktivnosti posledica su različitog izbora izlaznih (output) i ulaznih (input) veličina posmatranog sistema.

U železničkom transportu koriste se, najčešće, količina prevezene robe ili putnika kao izlazna veličina sistema, a kao ulazna veličina ukupan broj zaposlenih radnika. Međutim, prava mera produktivnosti industrijskih i

transportnih sistema (preduzeća) ne dobija se korišćenjem fizičkih veličina (količina proizvoda ili količina prevezene robe) već vrednostnim pokazateljima poslovanja.

Osnovna mera produktivnosti sistema bilo koje vrste je veličina dodatne vrednosti ostvarena po jednom radniku u određenom vremenskom periodu. Kao izlazna veličina iz sistema koristi se dodatna vrednost (value added) a kao ulazna veličina ukupan broj zaposlenih ili ukupan broj proizvodnih radnika.

$$P = \frac{DV}{R}$$

Dodatna vrednost predstavlja razliku između ukupnog ostvarenog prihoda u jednoj godini, na primer, i ukupnih troškova (materijala i usluga) ostvarenih pri realizaciji proizvodnje u posmatranom sistemu.

Pod sistemom može da se podrazumeva proizvodna jedinica, preduzeće, industrijska grana, regija, država u celini.

Za temu koja je predmet ovog saopštenja mogu biti interesantni podaci o prosečnoj veličini dodatne vrednosti po zaposlenom ostvarenoj na primer, u 2000. godini u nekoliko zemalja OECD-a koja su za nas posebno interesantne.

| | |
|---------------|---------------------------------------|
| Austrija..... | 53.900 US dolara po jednom zaposlenom |
| Grčka..... | 37.700 " |
| Italija..... | 58.800 " |
| Mađarska..... | 29.850 " |
| Nemačka..... | 51.300 " |

Odstupanja od prosečne veličine dodatne vrednosti su veoma velike. U naftnoj industriji dodatna vrednost po zaposlenom je, po pravilu dva puta veća, u automobilske industriji dodatna vrednost po zaposlenom je veća do 50% od prosečne vrednosti i td.

U centralnoj Srbiji (Srbiji bez pokrajina) dodatna vrednost (društveni proizvod) po zaposlenom iznosila je 1998 oko 6000 US dolara a u železničkom transportu oko 4.500 US dolara. Ovo su nominalne vrednosti. Međutim, realne vrednosti bile su oko 2,5 puta veće jer je prema nezvaničnim informacijama vrednost PPS faktora za našu zemlju u to vreme bio oko 2,5.

Realne vrednosti našeg društvenog proizvoda u 1998. godini bila je oko 15.000 US dolara po stanovniku Centralne Srbije a oko 11.250 US dolara u železničkom

¹dr Branko Ivković, mašinski fakultet Kragujevac, ivkovic@knez.uis.kg.ac.yu - Rad po pozivu

transportu.

Ostvarena produktivnost u centralnoj Srbiji bila je oko dva puta manja od ostvarene produktivnosti u Mađarskoj a oko skoro četiri put amnja od produktivnosti ostvarene u Italiji u 2000. godini.

Jedan od načina da se ostvari veća dodatna vrednos u svakom sistemu pa i u željezničkom transportu je smanjenje troškova proizvodnje odnosno troškova transporta u transportnim sistemima.

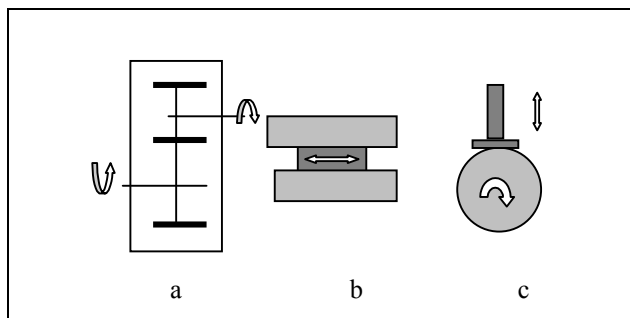
U zeljezničkom transportu značajan deo troškova poslovanja odnosi se na enrgiju, rezervne delove, održavanje i pomoćne materijale. U svim ovim vrstama troškova primena triboloških znanja može da značajno doprinese njihovom smanjenju i povećanju dodatne vrednosti.

3. TRIBO-MEHANIČKI SISTEMI U ŽELEZNIČKOM TRANSPORTU

Tri vrste tribo-mehaničkih sistema prisutni su u železničkom transportu. To su:

- Tribo-mehanički sistemi kojima se vrši prenos snage i kretanja
- Tribomehanički sistemi kojima se ostvaruje vodjenje elemenata i
- Tribo-mehanički sistemi kojima se vrši prenos informacija

Na slici 1 prikazani su simboli sve tri vrste tribo-mehaničkih sistema.



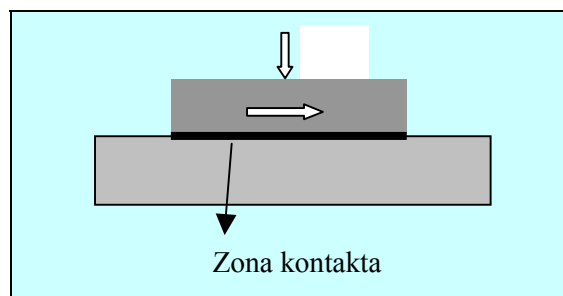
Slika 1 Tri vrste tribo-mehaničkih sistema u transportnim sredstvima

Prvoj vrsti tribo-mehaničkih sistema (a) pripadaju svi prenosnici (zupčasti, lančani, kaišni i dr.).

U drugoj grupi nalaze se tribo-mehanički sistemi kojima se ostvaruje vodjenje elemenata mašina i uređaja za vrenme njihovog funkcionisanja (klizne i kotrljajne vodjice).

Trećoj grupi pripadaju sve vrste mehanizama kojima se ostvaruje regulacija procesa kroz prenos informacija (bregasti i drugi mehanizmi).

Tribološki procesi (procesu trenja i habanja) odvijaju se, međjutim u svim vrstama tribo-mehaničkih sistema u zonama kontakta dva čvrsta elementa uz prisustvo maziva kao trećeg elementa sistema (Slika 2)



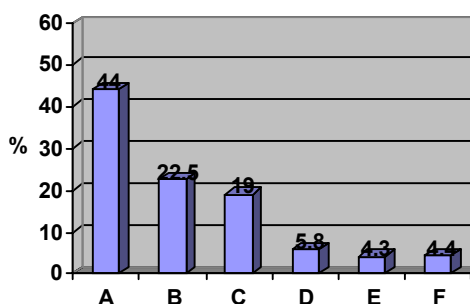
Slika 2 Osnovni tribo-mehanički sistem

Rešavanjem problema u zonama kontakta osnovnih tribo-mehaničkih sistema koji se odnose na smanjenje trenja i usporavanje procesa habanja smanjuju se u značajnoj meri troškovi u proizvodnim i transportnim sistemima.

Prema istraživanjima obavljenim u industrijski razvijenim zemljama primenom savremenih triboloških znanja na rešavanju problema trenja i habanja u osnovnim tribo-mehaničkim sistemima moguće je smanjiti:

- Troškove održavanja i zamene pohabanih delova novim (A) za 44,0%
- Troškove proizvodnje koji nastaju zbog zastoja proizvodnih procesa izazvanih habanjem elemenata proizvodne i druge opreme (B) za 22,5%
- Troškove investicija u novu opremu zbog povećanja veka trajanja postojeće (C) za 19%
- Troškove energije zbog smanjenja trenja (D) za 5,8%
- Troškove podmazivanja (E) za 4,3% i
- Troškove radne snage (F) za 4,4%

Struktura mogućih ušteta u industriji i transportu, koju je moguće ostvariti, primenom savremenih triboloških znanja prikazana je na slici 3



Slika 3. Struktura moguće uštete u industriji primenom triboloških znanja

Da bi se ostvarilo smanjenje troškova proizvodnje i transporta neophodno je poznavanje triboloških karakteristika sva tri elementa osnovnih tribo-mehaničkih sistema.

Upravljanje troškovima proizvodnje i transporta nije moguće bez poznavanje triboloških karakteristika sva tri elemnta brojnih tribo-mehaničkih sistema sadržanih u proizvodnoj opremi i transportnim sredstvima.

4. TRIBOLOŠKE KARAKTERISTIKE ČVRSTIH MATERIJALA I MAZIVA

Tribološke karakteristike čvrstih materijala (elemenata tribo-mehaničkih sistema) i maziva određene su:

- Veličinom sile trnja odnosno koeficijenta trenja u zoni kontakta elemenata sistema
- Veličinom odnosno intenzitetom habanja kritičnog elementa sistema

U industrijskim procesima na savladjivanje sila trenja koje se javljau u brojnim tribo-mehaničkim sistemima troši se oko 60% ukupne utrošene energije. U transportnim procesima taj procenat je i znatno veći.

Smanjenje utroška energije u transportnim sistemima, pa prema tome i u železničkom transportu, nije moguće bez značajnijeg smanjenja sila trenja u osnovnim tribo-mehaničkim sistemima kojih u jednoj lokomotivi sa vagonima ima više hiljada.

Proces habanja kritičnih elemenata tribo-mehaničkih sistema nije moguće zaustaviti ali ga je moguće usporiti u većoj ili manjoj meri u zavisnosti od primenjenih triboloških znanja.

U ukupnom veku trajanja jednog transportnog sredstva, na primer, mnogi elementi dolaze do kritične pohabanosti. Njihova regeneracija ili zamena novim elementima učestvuje sa velikim iznosom u ukupnim troškovima održavanja. Usporavanjem procesa habanja produžava se vek trajanja transportnog sredstva i smanjuju ukupni troškovi njegove eksploatacije

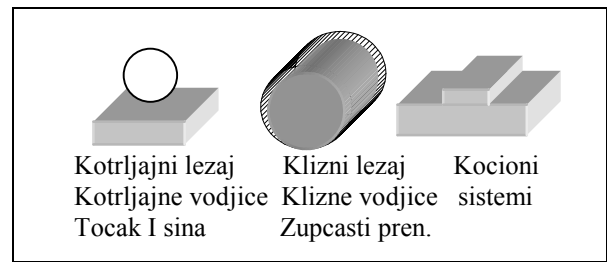
Do smanjenja sila trenja, pa prema tome i utroška energije u transportnim procesima i do usporavanja procesa habanja na kritičnim elementima sistema moguće je doći:

- Izborom odgovarajućih materijala i tehnologije obrade kontaktnih površina čvrstih elemenata sistema.
- Primenom savremenih tehnologija poboljšanja triboloških karakteristika kontaktnih slojeva (prevlake, fizičko-hemiski postupci i dr)
- Korišćenjem maziva sa dobrim tribološkim karakteristikama i odgovarajućeg režima podmazivanja

Izbor materijala i tehnologije obrade kontaktnih površina, izbor tehnologija za poboljšanje triboloških svojstava kontaktnih slojeva i izbor maziva vrši se isključivo na bazi merenja sila trenja i intenziteta odnosno veličine habanja kritičnog elementa u osnovnom tribo-mehaničkom sistemu.

Kako je merenje sila trenja u realnim uslovima na, na primer transportnim sredstvima veoma teško a često i nemoguće ostaje samo mogućnost da se kroz simulaciju realne kontaktne situacije na tribometrima odgovarajuće vrste izvrši određivanje triboloških karakteristika mer sa aspekta trenja i sa aspekta habanja.

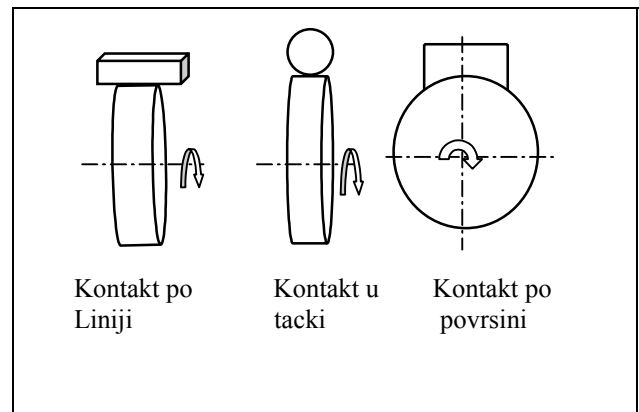
U realnim kontaktnim situacijama (zupčasti prenosnici, klizni lezaji, bregasti mehanizmi, vodjice i dr) ostvaruje se u tački, po liniji (najčešće) i po površini (Slika 4)



Slika 4 geometrija kontakta

Ukupna površina kontakta koja se ostvaruje između svih točkova jedne železničke kompozicije sa srednjim brojem vagona i šina ne prelazi veličinu površine jednog dinara. Pritisak u zonama kontakta je ogroman zbog velike mase kompozicije i to je razlog pojave velikog statičkog trenja (trenja mirovanja) potrebne velike sile za prelazak kompozicije u stanje kretanja.

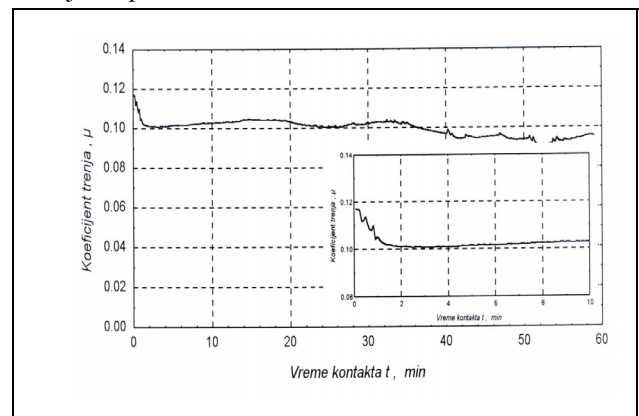
Na tribometrima tipa «Block on Disk» moguće je ostvariti sve tri vrste geometrije kontakta uz ili bez prisustva maziva. (Slika 5)



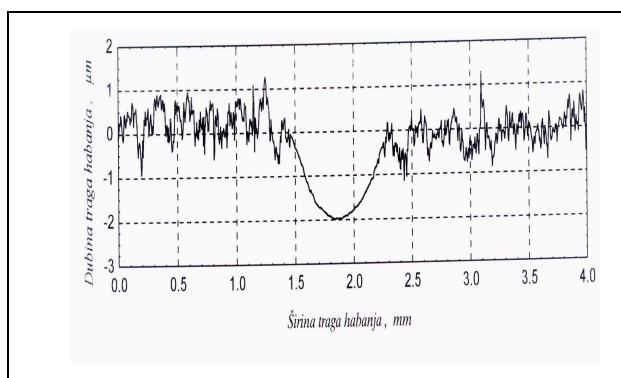
Slika 5. Moguće geometrije kontakta na Tribometru

Osnovna eksperimentalna dokumentacija o merenju triboloških karakteristika čvrstih materijala i maziva na tribometrima ove vrste su funkcija $\mu=f(t)$ i širina ili dubina traga habanja na bloku ili kugli.

Trag habanja može da se meri i na disku ako je on izradjen od materijala čije se tribološke karakteristike ispituju. Na slici 6 prikazan je primer eksperimentalne funkcije $\mu=f(t)$ a na slici 7 primer traga habanja na kontaktnoj površini bloka izmeren na mernom sistemu za merenje hrapavosti.



Slika 6. Promena koeficijenta trenja sa vremenom kontakta



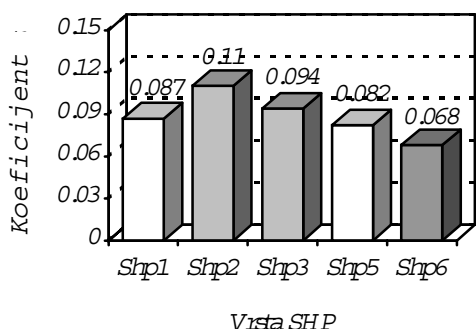
Slika 7. Trag habanja na bloku posle «t» vremena kontakta

Tribološke karakteristike materijala sva tri elementa tribo-mehaničkih sistema su relativnog karaktera jer zavise od uslova pod kojima se kontakt u tribosistemima ostvaruje. Sila trenja i koeficijent trenja zavise od spoljašnjeg opterećenja, brzine klizanja, prirode sva tri elementa u kontaktu, temperature i dr. Ovo znači da odnos između triboloških karakteristika grupe maziva, na primer može da bude različit u zavisnosti od uslova pod kojima se merenje karakteristika vrši (opterećenj, brzine klizanja i sl).

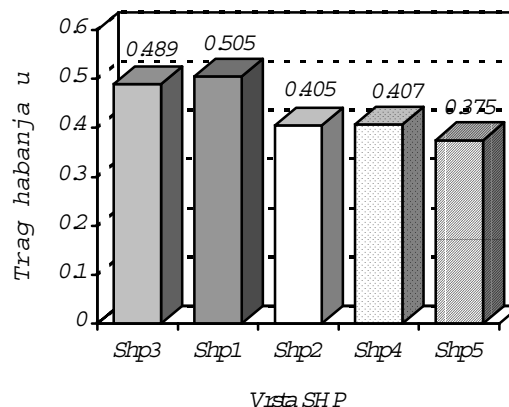
Jedno od osnovnih pravila koga se obavezno treba držati pri merenju triboloških karakteristika elemenata tribosistema odnosi se na izbor kontaktnih uslova pod kojima će eksperimentalna merenja biti izvedena. Ovi uslovi moraju da odgovaraju uslovima pod kojima se kontakt ostvaruje u realnim sistemima.

Rezultati merenja triboloških karakteristika grupe materijala ili maziva obično se prikazuju grafički sa izmerenim vrednostima koeficijenta trenja i širine traga habanja. Ne treba očekivati da će odnos između triboloških karakteristika grupe maziva, na primer, određene merenjem koeficijenta trenja i merenjem traga habanja biti isti jer je neka maziva mogu biti adirana da smanje trenja a duga da usporo proces habanja.

Na slikama 8 i 9 prikazni su rezultati merenja triboloških karakteristika grupe sredstava za hladjenje i podmazivanje koja se koriste u procesima rezanja a dobijeni su na tribometru «Block on Disk».



Slika 8 Koeficijenti trenja pri korišćenju grupe SHP



Slika 9 Tragovi habanja pri korišćenju grupe SHP

5. ZAKLJUČAK

Jedan od načina za povećanje produktivnost u industrijskim i transportnim sistemima pa prema tome i u želzničkom transportu odnosi se povećanje dodatne vrednosti kroz smanjenje troškova primenom savremenih triboloških znanja.

Upravljanje troškovima i njihovo smanjenje nije moguće bez poznavanja triboloških karakteristika elemenata tribosistema koji se ugrađuju u transportna sredstva. Do poznavanja triboloških karakteristika elemenata tribosistema dolazi se, međutim, isključivo eksperimentalnim putem.

LITERATURA

- [1] Ivkovic, B., Rac, A., TRIBOLOGY, YST, 1997, Kragujevac.
- [2] Ivkovic, B., Tadic, B., TRIBOMETRY and TRIBODIAGNOSTICS, pp. 834, 1996, Thessaloniki, Greece.
- [3] Allison-Grenier, A. F., "Test Methods in Tribology", The First World Tribology Congress, 1997, London.
- [4] Ivkovic, B., 2002, Scratch Tester - Measurement of material abrasive resistanc, Coating Quality, Balkantrib' 02, 641-646
- [5] Ivkovic, B. Modern Approaches to Determination of Tribological Properties of Solid material and Lubricant, 2th world Tribology Congres, Wiena September 2001.

TRIBOLOGY IN RAILWAY TRANSPORT

Branko Ivković

Abstract: Requirement for lowering friction in the contact zones of solid elements of tribo-mechanical systems are consequence of need for continuous decreasing of energy consumption in production and transportation processes in industrial and transportation systems. The consequence by slowing down the wear process of critical elements of different types of tribo-mechanical systems are increases their working life and reliability of production processes and decreases costs of machine and devices maintenance.

Key words - tribology, transportation system, railway, tribo-mechanical system

OKVIR ZA REINŽENJERING OBRTNIH POSTOLJA LOKOMOTIVA JŽ 441

Arandel Babić¹, Taško Maneski², Vojislav Danojlić³

Rezime: Danas se pristupi u procesima inženjerskog projektovanja zasnivaju na konkurentnom razvoju proizvoda i procesa. Ovo ima poseban značaj u reinženjeringu proizvoda koji po finansijskim ulaganjima pripadaju kapitalnim dobrima. Konceptualni okvir za reinženjeringa obrtnih postolja lokomotive JŽ 441 formiran je na bazi rezultata višegodišnje analize ponašanja ovih postolja. Izabrani parametri ponašanja dobijeni u eksploataciji, omogućili su formiranje modela za računsku analizu. Računski modeli su korišćeni u istraživanjima najpovoljnijih varijanti sa aspekta raspodele naponskog stanja, pomeraja, glavnih oblika oscilovanja i sopstvenih frekvenci. Ostvareni rezultati predstavljaju značajan segment u realizaciji konceptualnog okvira u konkurentnom razvoju obrtnih postolja.

Ključne reči: konceptualno projektovanje, reinženjering, obrtno postolje, železnička vučna vozila.

1. UVODNE NAPOMENE

Konceptualni okvir, u inženjerskom reprojektovanju proizvoda kao što su vučna obrtna postolja, zasniva se na aktivnostima koje su definisane teorijskim pristupom u savremenom inženjerskom projektovanju. Ovde se navode: specifikacija funkcionalnih zahteva, ciklusi u inženjerskom projektovanju proizvoda i tehnologije i konkurentan razvoj proizvoda i procesa. Bliža analiza se odnosi na funkcionalni zahtev radijalnog podešavanja osovinskih sklopova.

1.1. Konkurentan razvoj proizvoda i tehnologije

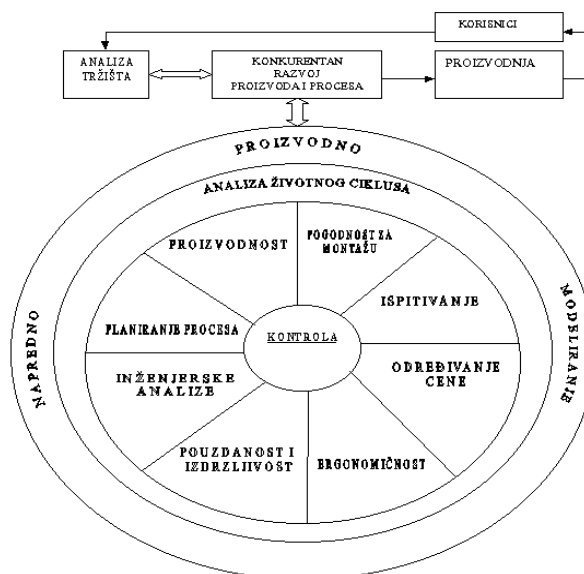
Konkurentan razvoj proizvoda i tehnologije sa orijentisan prema tržištu i mogućnostima proizvodnje, pojedinačno definišu moduli prikazani na slici 1.1. Dvostruka obvojnica aktivnosti sagledanih kroz usvojene module je napredno modeliranje procena i troškovi u toku životnog veka proizvoda. Donošenje odluka se odvija isključivo na osnovu procena zasnovanih na rezultatima uspostavljenih simulacija i modeliranja.

Činjenica je da se železnička vozila danas u svetu, u okviru razvojnog projektovanja odnosno reprojektovanja, analiziraju vrlo kompleksno, sa svih ovih aspekata eksploatacije. Tek po izvršenoj analizi na nivou modela, eventualno prototipa, moguće je prihvatiti izvođenje usvojene rekonstrukcije.

Prema raspodeli finansijskih sredstava potrebnih za podršku proizvoda u toku životnog veka od trideset godina, od projektovanja do recikliranja, preko 30% se izdvaja za

održavanje sistema. Prema tome, pitanje primene principa modularnog projektovanja sa izraženim kriterijumom efektivnosti sistema predstavlja osnovni parametar za procenu kvaliteta izvedenog reinženjeringa obrtnih postolja lokomotiva.

1.2. Specifikacija funkcionalnih zahteva



Slika 1.1. Konkurentan razvoj proizvoda i tehnologije

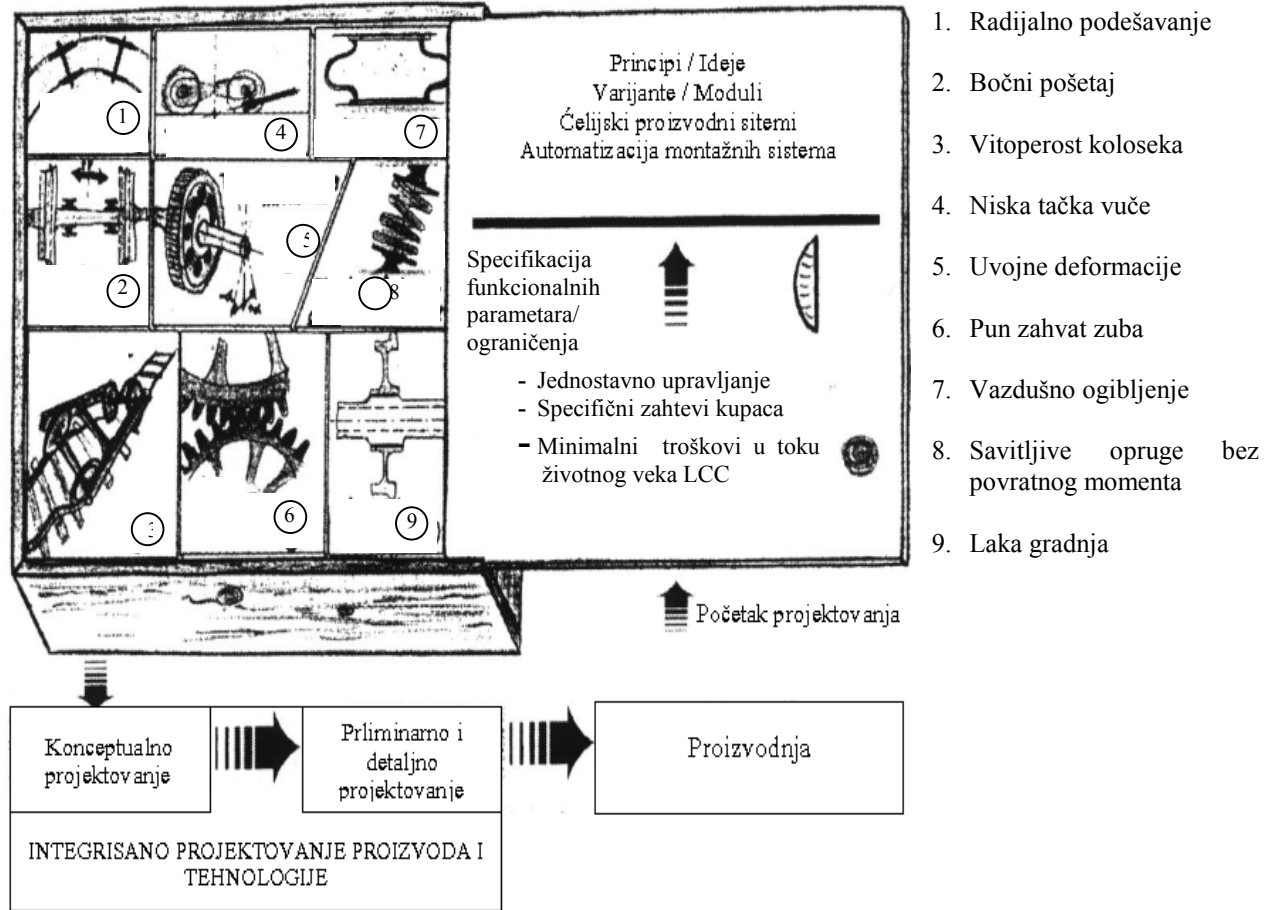
¹ dr Arandel Babić, dipl. inž., docent na Mašinskom fakultetu u Kraljevu, 36000 Kraljevo, Dositejeva 19, tel. +381 (0) 36 33 97 94, e-mail: ababic@ptt.yu

² dr Taško Maneski, dipl. inž., vanr. prof. na Mašinskom fakultetu Beogradu, 11000 Beograd, 27. marta 80, tel +381 (0) 11 33 70 3 79

³ Vojislav Danojlić, dipl. inž., predsednik Komisije za obrtna postolja ŽTP Beograd, 11000 Beograd, Nemanjina 6, tel +381 (0) 11 36 18 1 94, e-mail: vdanojlic@eunet.yu

U savremenim uslovima projektovanja vučnih obrtnih postolja specifikacija funkcionalnih zahteva u okviru konceptualnog projektovanja data je na slici 1.2. Ukupno je specificirano devet osnovnih ograničenja (slaganje kockica) koja u svakom slučaju treba da budu zastupljeni pri projektovanju. Ovo se isto odnosi i na procese u projektovanju za reinženjering.

Organizacionu dinamiku karakterišu značajni rezultati proizašli kao proizvod brze primene reinženjeringa. To praktično znači da se promenom procesa menju priroda posla i ljudi od kojih se traže nove veštine i sposobnosti da bi ga obavljali. Istovremeno mora se menjati i način vrednovanja i upravljanja ljudima, odnosno procesima u celini [1],[2].



Slika 1.2. Konceptualni okvir u projektovanju proizvoda i procesa obrtnih postolja lokomotiva

Prema definiciji, reinženjering označava fundamentalno preispitivanje i radikalno reprojekovanje poslovnih, tehnoloških i drugih radnih procesa sa ciljem "dramatično" kvalitativnog skoka u efektima, performansama i drugim rezultatima posla. Dakle, nije reč o marginalnim pomacima, već o proboju u radnom učinku i pozitivnoj promeni radnih performansi.

Veoma je važno naglasiti da reinženjering ne donosi unapređenje postojećeg nivoa, već njegovo odbacivanje i ponovno započinjanje posla, ali na nov način. Ovo ukazuje da je reinženjering pre svega procesno orijentisan.

Reinženjering znači inventivnost u načinu rada i do promena se ne dolazi preko prekomernih i iscrpljujućih analiza tekućih operativnih načina, već kreiranjem novih mehanizama koji sa promenama ne pogađaju ljude direktno. Ova metodologija obrazlaže nove karakteristike reinženjeringa. On nije neka "dostojanstvena" procesna procedura posla, već "procedura koja posrće", nad kojom nema potpune kontrole, gde je konstantna tenzija između željenog i mogućeg, ali gde se u efektima dramatično brzo napreduje.

1.3. Integracija procesa na nivou varijantnog projektovanja

Principi varijantnog (re)projektovanja proizvoda i tehnologije su element konkurentnog inženjerstva. Na bazi jedinstvene CAD/CAM informacije analiziraju se procesi u okviru projektovanja i proizvoda i tehnologije.

Imajući u vidu konceptualni okvir reinženjeringa obrtnih postolja, sagledavanje primene nekog od devet zahteva na postojećem-izvedenom tipu postolja, se analizira varijantno.

Konceptualne varijante izmene se bliže analiziraju kroz preliminarno projektovanje. Modeliranje se odvija na nivou proizvoda i tehnologije, pri čemu su usvojeni primitivi informaciono jedinstveni. Ukoliko se želi istraživanje moguće varijante, analiza se realizuje i na proizvodu i primenjenom procesu uz prevashodnu primenu raspoloživih modela [3].

U analizi eksploatacije, ograničavajući se na mašinske sisteme obrtnih postolja prisutno je sledeće :

- Lokomotiva 441 je korišćena za vuču vozova na području ravničarsko brdskih pruga, i u odnosu na izvornu varijantu doživela je izmene sankcionisane kroz podserije 000, 300, 400, 500, 600 i 700,

- Pобољшанја су се односила на уградене функционалне системе локомотиве, док је измена на обртном постољу реализована једино на подсерiji 700 и то у делу веже колевке и рама остварене преко сворњака,

2. РАЧУНСКА АНАЛИЗА ПОНАШАЊА

2.1. Основне поставке

У активностима инженјерске анализе CAD/CAE производа, тежња је да се процени и изпроекује добро понашање конструкције на основу функционалних захтева, усвојених концептуалних решења и ограничења. Ове активности одговарају трећем нивоу циклуса инженјерског пројектовања. Интезивно се врши процена генерисаних концептуалних решења уз примену CA технологије у моделирању и прорачуну структуре користећи најчешће нумерички метод коначних елемената.

Процена доброг понашања конструкције у експлоатацији се огледа у што је могуће:

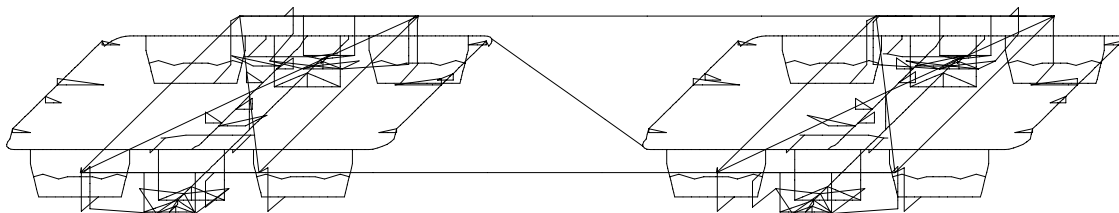
- већој разлици између највећег напона и напона течења,
- равномјерној расподели деформације, напона и енергије,
- мањем присуству концентрације напона,
- већој отпорности материјала на настанак и раст прлина,
- већој дуктилности и жиљавости материјала,
- већем распону између сопствених и побудних фреквенци и
- мањем фактору динамичког појачања.

У CAD/CAE анализи стања и дијагностици понашања чврстоће обртних постоља, применом нумеричке методе коначних елемената, коришћен је развијени систем компјутерског моделирања и прорачуна структура "KOMIPS". Овај приступ омогућава: статички, термички и динамички прорачун, одређивање стварног понашања конструкције производа, поуздану прогнозу реаговања конструкције у експлоатацији, добијање параметара за избор и доношење одлука, одређивање узрока лошег понашања или попуштања, процену експлоатационог века и времена поузданог рада конструкције.

Ово се постиже тако што се за све врсте коначних елемената и глобалне чворове прерачунава еквивалентни (упоредни) напон. Расподеле оптерећења, мембранских и савојних напона, енергије деформације и кинетичке и потенцијалне енергије омогућавају веома ефикасну анализу стања пројектоване или изведене носеће структуре. Ниво расподеле се изражава у процентима по изабраној групи елемената и графички у виду линија једнаких потенцијала оптерећења и енергија по моделу [7].

2.2. Модели обртних постоља

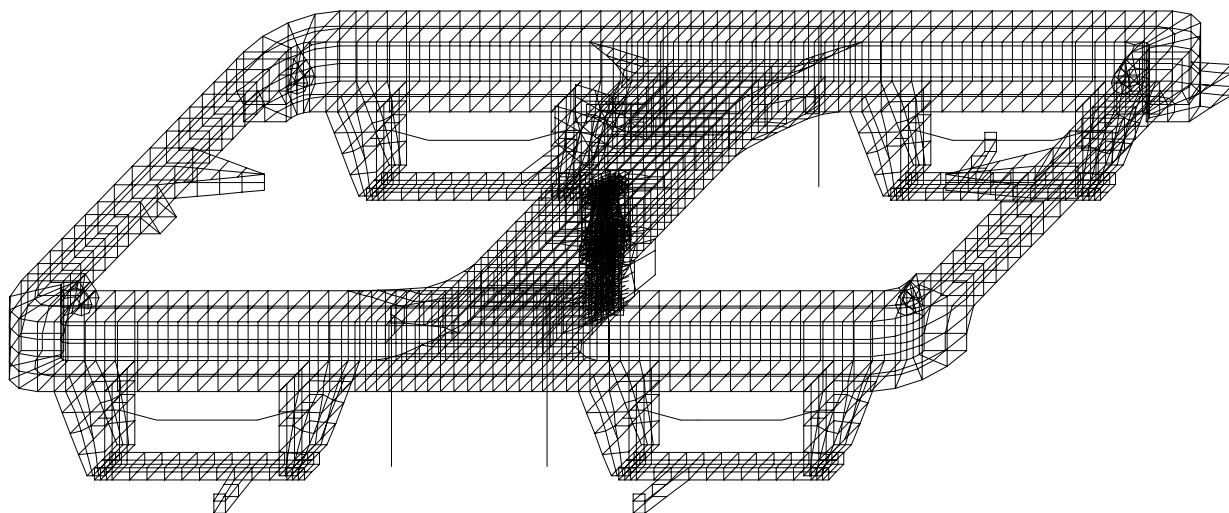
У анализи обртног постоља локомотиве JŽ441 коришћени су модели формирани применом коначних елемената греде и плоче. Ови први, tzv. гредни модели су коришћени у статичкој расподели деформација, напона, главних облика осциловања и сопствених фреквенци при слободним осцилацијама без пригушења. Њихова улога је да укажу на слаба места у



Slika 3.1. Gredni model lokomotive JŽ 441

nosećoj strukturi da bi se u drugom koraku, na modelima formiranim primenom koначnih elemenata ploče detaljno analizirala raspodela i koncentracije napona.

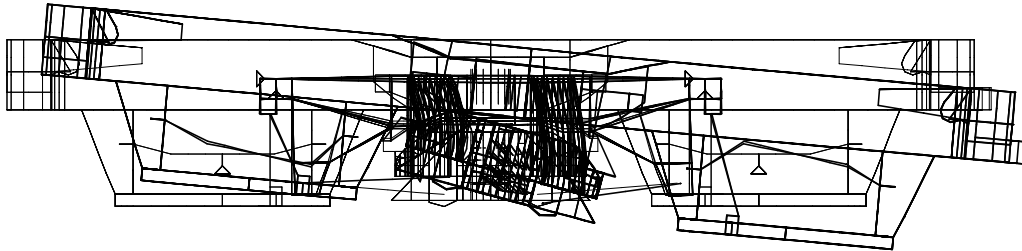
Posebna pažnja, u modeliranju oba tipa postolja, je posvećena veoma tačnom preslikavanju (diskretizaciji) postojećih geometrijskih karakteristika preseka, oslonaca i



Slika 3.2. Model rama postolja JŽ441 diskretizovan koначnim elementima ploče

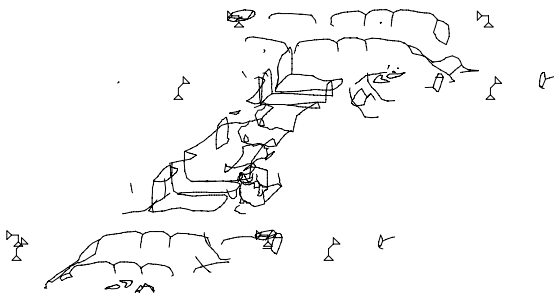
uvođenju opterećenja. Na ovaj način je postignuta vrlo visoka podudarnost modela sa realnom strukturom.

Na slici 3.1. prikazan je gredni model obrtnog postolja i cele lokomotive JŽ 441. Model noseće strukture postolja modeliran konačnim elementima ploče dat je na slici 3.2. Za najnepovoljniji slučaj opterećenja pod dejstvom sila koje nastaju pri usporenju (sudaru) od 5g, polje pomeranja elemenata je prikazano na slici 3.3 [5].



Slika 3.3. Polje pomeranja postolja JŽ441

Radi ilustracije sprovedene analize noseće strukture obrtnog postolja JŽ441 dati su modeli definisani preko konačnih elemenata ploče u proračunu podužne krutosti (polje napona) pri maksimalnoj dinamičkoj sili koja se javlja u sudaru kola pri usporenju od 5g [6].



Naponske linije inteziteta 10 kN/cm²

Slika 3.4. Naponsko polje pod opterećenjem pri podužnoj inercionoj sili generisanog pri sudaru od 5g

3. KONCEPTUALNI OKVIR PROJEKTOVANJA ZA REINŽENJERING

Imajući u vidu savremene tokove projektovanja, proizvodnje i ispitivanja lokomotiva u svetu i potrebu za revitalizacijom naše, već pomenute lokomotive, očigledno je da se nameće kao neminovnot sagledavanje obima posla. Smatra se da bilo koja aktivnost vezana za izmene u strukturi mora da prođe procedure konkurentnog razvoja proizvoda i tehnologije, kroz analizu troškova u toku životnog veka (LCC) i druge, slika 1.1.

3.1. Modeliranje proizvoda i tehnologije

Obim i realizacija revitalizacije obrtnih postolja lokomotiva JŽ441 treba da proizađe iz konceptualnog modeliranja proizvoda i tehnologije prema inženjerskom pristupu "odozdo na gore" ("bottom up for how to do it"), koji je kreativno orijentisan, uz uvažavanje osnovnih elemenata, primitiva projektantske platforme i ograničenja iznetih u prethodnim tačkama. Savremeni softverski paketi koji podržavaju integrisano projektovanje proizvoda i tehnologije obezbeđuju vrlo kvalitetne analize efektivnosti

sistema prema konceptu konkurentnog inženjerstva, ukoliko se poseduju bogate baze podataka i baze znanja odgovarajućih podsistema.

Danas, poznati svetski proizvođači obrtnih postolja poseduju pomenute baze iz sopstvenog i programa drugih proizvođača u cilju optimalne realizacije sistema obrtnih postolja. Kao što je prikazano u tački 3. modeli obrtnih

postolja formirani u analizi ponašanja obrtnih postolja su značajna podloga za izvođenje kvalitetnog reinženjeringa [7].

3.2. Moguća varijantna analiza

U okviru moguće varijantne analize daju se sagledavanja vezana za reinženjering obrtnih postolja pri čemu se za osnovni projektantski okvir uzimaju navedenih devet ograničenja datih na slici 1.1. Navedena ograničenja se mogu grupisati u četiri celine tako da se:

- prva celina odnosi na vođenje točka u ravni točak-šina i definisana je preko radijalnog podešavanja osovinskih sklopova, uležištenju sa bočnim pošetajem osovinskih sklopova i međusobnoj zavisnosti vitoperosti koloseka i ukupne uvojne krutosti kola,
- druga celina se vezuje za položaj napadne tačke vučne sile i najpouzdaniji prenos snage i momenta vučnih motora,
- treća celina uzima u obzir sekundarno ogibljenje sanduka i
- četvrta uvođenje lake konstrukcije osovinskog sklopa.

Kod pomenute lokomotive, postojeći način međusobnog povezivanja obrtnih postolja dijagonalnom motkom, sa relativno krutim vođenjem osovinskih sklopova u postolju, dovodi do povećanog habanja trčećih površina. Istraživanja sprovedena u Nemačkoj od pre desetak godina ukazuju da su kod razdvojenih postolja, preko zglobnog mehanizma vezanih za sanduk, sile vođenja značajno manje, slika 4.1.

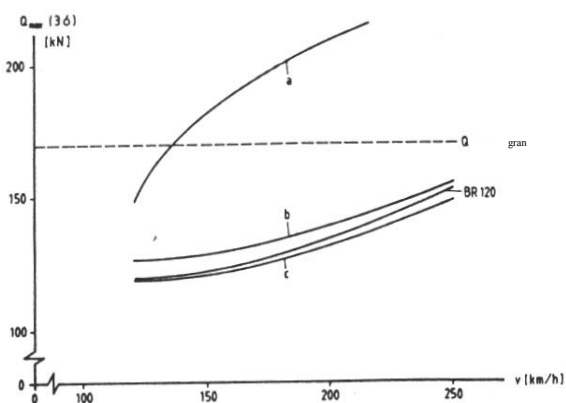
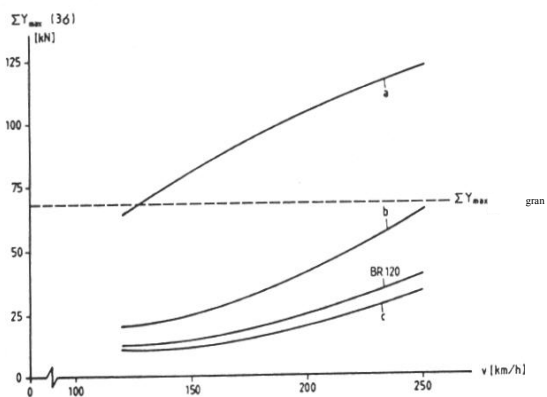
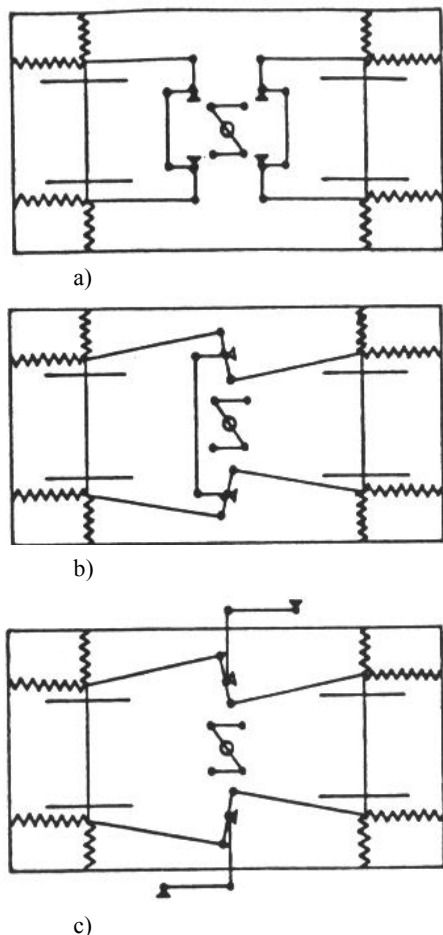
Postojeći, globalni način, vođenja obrtnih postolja preko poveznice stvara izuzetno velike problema u nosećoj strukturi, kao što je pucanje pojedinih elemenata noseće strukture.

Sa aspekta savremene gradnje, važno je istaći da kod pomenute lokomotive sistem povezivanja kolvke i rama preko svornjaka i vešalica ne obezbeđuje dovoljan pošetaj sanduka u bočnom pravcu (relativno je kruta veza u y pravcu i obezbeđena rotacija oko z ose). Ovo ima za rezultat nepovoljnu mirnoću hoda u horizontalno poprečnoj ravni. Na slici 4.2. dat je shematski prikaz međusobne veze elemenata obrtnog postolja lokomotive JŽ 441.

3.3. Vođenje osovinskog sklopa

Ova grupa projektantskih zahteva u okviru

reinženjeringa, po svojoj prirodi iziskuje najveće zahvate u dozvoljavaju bočni pošetaj osovinskog sklopa. Tehnološki



Slika 4.1. Sistemi vođenja obrtnih postolja i osovinskih sklopova

smislu izmena, pri čemu je međusobni uticaj značajano uslovljen. Radijalno podešavanje osovinskih sklopova se postiže izmenama primarnog ogibljenja i načinom veze prenosnika snage sa osovinskim sklopom. Najčešće je izabrani pristup za globalno vođenje rama obrtnih postolja direktno povezan sa zakretanjem osovinskog sklopa. Ovde se iznose dva pristupa:

prvi je istovremeno zakretanja motora, prenosnika sange i osovinskog sklopa u obrtnom postolju i

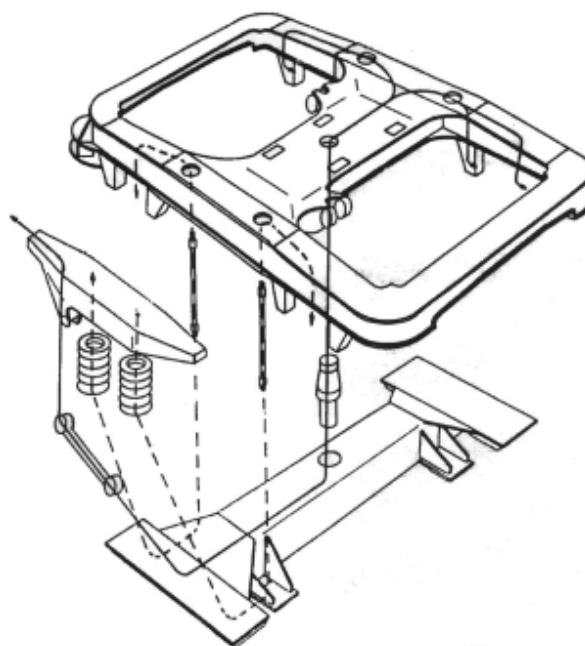
drugi je zakretanje samo osovinskog sklopa pri čemu se prenos snage odvija preko elastičnih spojnika Š9Ć,Š10].

U okviru navedenih izmena tada je lako uvesti i ograničenje data u vidu obezbeđenja pošetaja sklopa i kvalitetnijeg obezbeđenja uvojne krutosti preko opruga u primarnom ogibljenju. Postojeći način ogibljenja, sa gumenim paketima opruga u primarnom ogibljenju, sigurno je razlog nepovoljne uvojne krutosti i bočne dinamike pogotovo ako se paketi koji se ugrađuju nabavljaju od proizvođača koji ne garantuju propisane karakteristike ogibljenja.

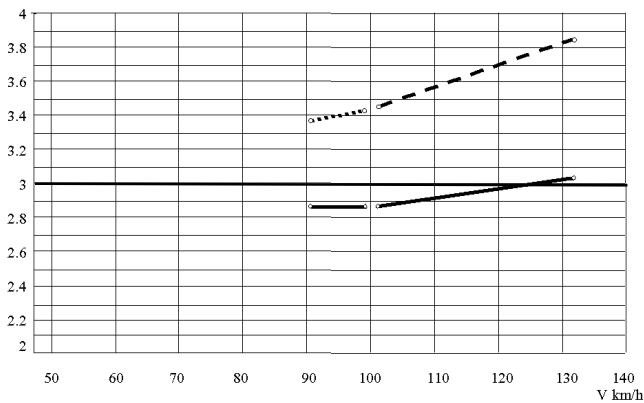
Bočni pošetaj osovinskog sklopa predpostavlja uvođenje praćenja parametra ekvivalentne koničnosti bez čije kontrole nema kvalitetne mirnoće hoda i stabilnosti kretanja. Međusobna zavisnost ekvivalentne koničnosti i širine koloseka, zatim vitoperost koloseka i uvojna krutost lokomotive definišu bočnu dinamiku koja po rezultatima ispitivanja lokomotive JŽ 441 ima dvostruko veće vrednosti u odnosu na vertikalnu.

Novi tipovi uležištenja, predviđaju korišćenje ležaja koji

posmatrano relativno mali zahvat, pogotovo što bi se u ovom koraku izmena obuhvatila i kućište sa elementima za prihvat opruga i upravljanje zakretanjem osovinskog sklopa.



Slika 4.2. Međusobna veza elemenata obrtnog postolja JŽ 441.



Slika 4.3 Mirnoća hoda po Sperlingu (Wz) u vertikalnom (puna linija) i horizontalnom poprečnom pravcu (isprekidana linija) lokomotive JŽ 441

4. ZAKLJUČAK

Uvažavajući dosadašnje neželjene pojave u eksploataciji navede lokomotive, kao i aktivnosti na njihovom saniranju, može se izvesti zaključak da konceptualni okvir reinženjeringa, u ovom slučaju samo obrtnih postolja, obuhvata:

1. Poboljšanje bočne mirnoće hoda i smanjenje habanja površine kotrljanja točka na bazi detaljne analize sledećih ograničenja
 - radijalno podešavanje osovinskih sklopova u postolju,
 - obezbećenje bočnog pošetaja osovinskih sklopova,
 - poboljšanje uvojnje krutosti, postolja, sanduka i ukupne krutosti,
 - povećanju bočnog pošetaja sanduka u odnosu na ram postolja;
2. Uklanjanje svih mesta sa izraženom koncentracijom napona
 - u ramu obrtnog postolja i
 - komponentama koje ulaze u montažnu strukturu obrtnog postolja.
3. Istraživanje sopstvenih frekventnih karakteristika lokomotiva kao sistema uvažavajući međusobnu zavisnost i karakteristike gornjeg stroja pruge, obrtnih postolja i sanduka lokomotive.

Tek po izvršenim istraživanjima na odgovarajućim modelima koji podržavaju ove oblasti može se govoriti o kvalitetu i obimu radova za pouzdanu revitalizaciju.

Literatura

- [1] Hammer, M., The reengineering revolution handbook, HarperCollinsPublishers, London, 1995.
- [2] Babić, A., Ca modeliranje u projektovanju teretnih vagona, monografija 30. biblioteke DISSERTATIO, Zadužbina Andrejević, Beograd, 1997.
- [3] Babić, A., Jedan pristup modeliranju proizvoda prema CAD/CAM konceptu, 10. Simpozijum CAD/CAM, Beograd, 1997, str. 131-134.
- [4] Salomons, O., Coputer support in the design of mechanical products, thesis, Universitet Twente, Groningen, 1995.
- [5] Maneski, T., Kompjuterski modeliranje i proračun struktura, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1998.
- [6] Maneski, T., Babić, A., Uticaj povećanja brzine kretanja na obrtno postolje elektro lokomotive JŽ 441, 7. JUŽEL, Železničko mašinstvo, Vrnjačka Banja, 2000, str., 480-483.

- [7] Babić, A., Miodragović, G., Konceptualno modeliranje proizvoda i procesa u projektovanju železničkih kola, 28. S PMJ, CAD/CAM/CAPP/CAE, Kraljevo, 2000, str. 6.48-6.52.
- [8] Babić, A., Istraživanje funkcionalnih parametara i ograničenja sistema gornji stroj/trčeći stroj/sanduk kola, 7. JUŽEL, Železničko mašinstvo, Vrnjačka Banja, 2000, str.470-475
- [9] Steineman, F., Innovative Swiss bogie, IRJ, 1988., p. 22-24.
- [10] Gukenbiehl, K., Gotfried, K., Optimised bearings for lokomotive transmissions, Evolution 2/1999, p. 26-29.

FRAME FOR REENGINEERING OF BOGIES OF LOCOMOTIVES JŽ 441

Arandel Babić, Taško Maneski, Vojislav Danojlić

Abstract: Nowadays the approaches in engineering design processes are based on concurrent development of products and processes. this has a special significance in reengineering of product wich, by financial investment, belong to capital goods. The conceptual frame for reengineering of bogies of locomotives JŽ 441 has been formed on the basis of results of many years analysis of behaviour of results of behaviour obtain in exploitation have enabled creation of a model foe calculation analysis. Calculation models have been used in examinations of the most favourable variants from from the aspect of distribution of stress state, displacements, main shaps of oscillation and natural frequencies the the results achived represent a significant segment in the realization of conceptual frame in conceptual frame in concirrent development of bogies.

Key words: conceptual design, reengineering, bogie, railway trailing vehicles.

ЗАМОРНА ОПТЕРЕЋЕЊА И ВЕК ЕЛЕМЕНАТА КОНСТРУКЦИЈЕ ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА ДО ПОЈАВЕ ПРСКОТИНЕ

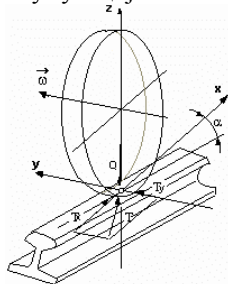
Надежда Шубара¹

Резиме: Пројектовани ниво поузданости железничких возних средстава у раду, за предвиђени век, је условљен континуалним усаглашавањем пројектних параметара са релевантним чиниоцима по структурни интегритет, утврђених од тренутка испитивања до коначног искључивања из експлоатације. Циљ овог рада је дефиниција интеракције променљивости спољашњег оптерећења и временске чврстоће увођењем критеријума акумулације оштећења, с обзиром да ломови елемената конструкција не настају увек када се дозвољени напон у процесу рада прекорачи више пута. Процес процене временске чврстоће и безбедног века услед замора овде се дефинише преко познате функције промене оптерећења у поређењу са чврстоћом, за квазимеханичке последице радног напона у времену до стварања прскотина, које се могу идентификовати методама НДИ.

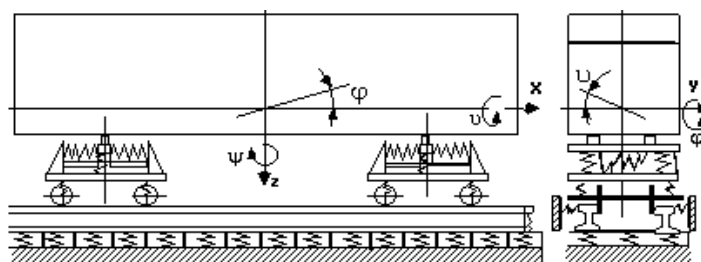
Кључне речи: Железничка возна средства, временска чврстоћа, безбедни век.

1. УВОД

Разарање услед замора настаје најешће постепено, када се радни напони у конструкцији нађу у пластичној области. Тада се, у фази безбедног века услед замора, нагомилана микроскопски мала оштећења (израда или/и експлоатација) постепено увећавају и преобразују у уочљиву заморну прскотину. У фази преосталог века (раду са прскотином) пропагирају контролисаним растом док променљиви коефицијент интензитета напона у зони прскотине не премаши граничну вредност жилавости лома, а процесу лома раст прскотине је неконтролисан. Пројектовању века према критеријуму акумулације оштећења предходи анализа



Слика 1 Додир тачк-шина



Слика 2. Степени слободе осциловања механичког система шинског возила

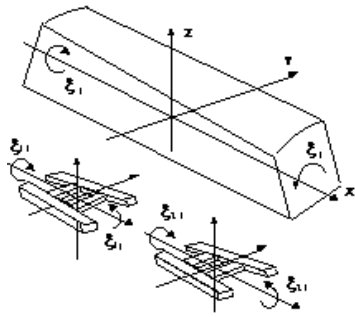
2. УЗРОЦИ ЗАМОРА ЕЛЕМЕНАТА СТРУКТУРЕ ШИНСКОГ ВОЗИЛА

Процес кретања железничког возила, по еластичном колосеку директним додиром неогибљеног челичног тачка и челичне шине (сл. 1.) карактерише широк дијапазон унутрашњих и спољних сила које се у целисти не могу сагледати и код исте серије. Потешкоће су велики број степена слободе осциловања механичког система шинског возила (сл.2.) (технички услови и година градње), и променљивост радних услова (доводе

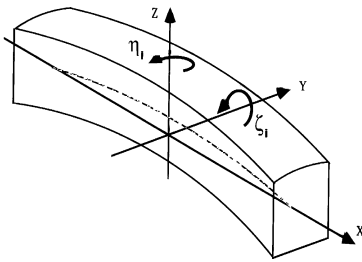
у сумњу усвојене показатеље). Наглашава се утицај брзине кретања, променљивост брзине и вероватноћа времена кретања одређеним брзинама.

Деформације и оштећења елемената структуре у радним условима су специфичних карактеристика и могу се само генерализовати (сл.3. и сл.4.).

¹ др Надежда Шубара, дипл.маш.инж., Институт "Кирило Савић", Београд, Војводе Степе 51, тел.469-500.

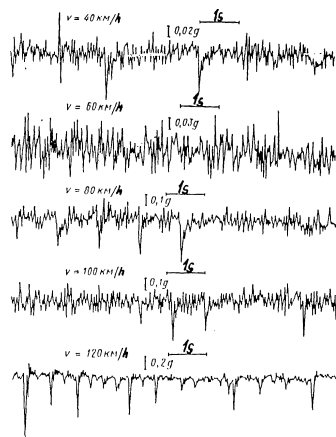


Слика 3. Деформације увијања сандука и рамова



Слика 4. Савијање сандука

За утврђивања међузависности динамичких оптерећења, карактеристика издржљивости и заморног века до појаве видљиве заморне прскотине елемената железничких структура [1] разматрају се осцилограми вертикалних убрзања кућишта лежишта електромоторног воза (сл. 5.) спектар динамичких оптерећења подужног носача рама вучног обртног постоља моторних кола електромоторног воза при брзини 145 km/h (сл. 6.) и слободног обртног постоља (сл. 7.).



Слика 5. Осцилограми вертикалних убрзања кућишта лежишта ЕМВ тип ЕР11

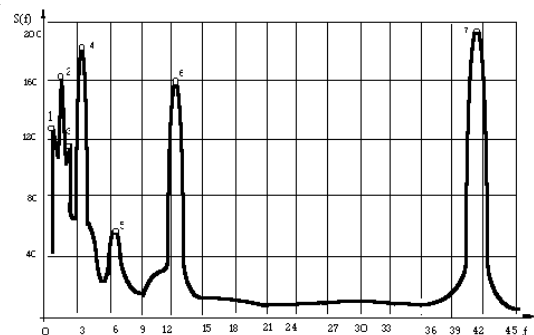
Циљ је одређивање еквивалентног симетричног или асиметричног синусоидног режима оптерећења у зависности од утицајних параметра случајног процеса динамичког оптерећења (дисперзије, ширине поља дисперзије, расподеле максимума, облика графика функције спектралне и друго).

Осцилограми вертикалних убрзања кућишта лежишта ЕМВ серије ЕР11 [4] (неогибљене масе сл. 5) показују да са променом брзине кретања од 40 на 120 km/h ниво убрзања расте за више од 5 пута, а порастом брзине импулси на саставима шина се издвајају. Повећањем брзине од 60 на 100 km/h ниво убрзања се

повећава за 3,3 пута, а са 100 на 120 km/h за 2 пута. Чињеница да вертикални отпори колосека су случајног карактера; да се могу описати спектралном густином нискофреквентних убрзања неогибљених делова железничких возила и да не зависе од гивањске везе. Међутим, само условно се могу окарактерисати као Гаусови процеси, јер са порастом брзине у посматраном дијапазону високих фреквенција, густине вероватноће постају асиметричније и оштријих врхова [1]. Код прорачуна века елемената структуре шинског возила мора зети у обзир и променљивост брзине и вероватноћа времена кретања одређеним брзинама

На спектру динамичких оптерећења у пресеку подужног носача рама обртног постоља електромоторног воза серије ЕР11 у зони прирубнице носача за причвршћивање вучног мотора (сл. 6.) евидентни максимуми убрзања су:

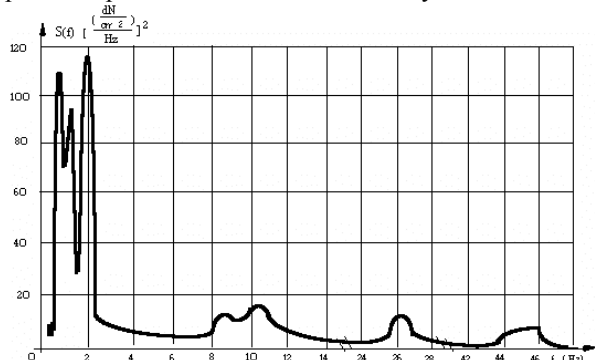
- 1) 0,7 Hz – максимум који настаје услед бочног померања сандука;
- 2) 1,6 Hz – максимум услед одскакања осовинских склопова са колосека;
- 3) 2,2 Hz – максимум који се поклапа са сопственом фреквенцијом убрзања рама и настаје само код непрекидног кретања;
- 4) 3,25 Hz – максимум условљен повезаним осцилацијама оскакања и трчања осовинских склопова по колосеку и настаје низом фреквенција при прелазу на саставима шина;
- 5) 6,5 Hz – максимум сопственог осциловања рама;
- 6) 12 Hz – максимум који настаје котрљањем челичних тачкова по колосеку;
- 7) 41 Hz – максимум обртања ротора вучних мотора.

Слика 6. Спектар динамичких оптерећења у пресеку подужног носача рама обртног постоља електромоторног воза серије ЕР11 у зону прирубнице вучног мотора, (по ординати - $S(f) [(dN/cm^2)^2/Hz]$, спектрална густина убрзања, по апциси - f [Hz]. фреквенција).

Спектар динамичких оптерећења слободног обртног постоља (приколице) електромоторног воза серије ЕР11 у пресеку подужног носача рама (сл.7) је сличних особина, изузев логично изосталог максимума фреквенције (7) [1].

Анализа наглашава сложеност облика спектра са доста максимума, узрокованих основним формама осцилација сандука и рама обртног постоља, али и од основних извора отпора кретања. Енергија анализираних спектра је распоређена у широком дијапазону фреквенција $0,5 \div 50 \text{ Hz}$, а ширина спектра $\varepsilon = 0,6 \div 0,9$, што карактерише случајне широкопојасне

процесе напона. Сугерише се на разматрање ускопојасних врхова који утичу на структуру материјала без обзира на време деловања. Математичком анализом, потврђена су неподударна упоредних проценених векова и до 10 пута.



Слика 7. Спектар динамичких оптерећења слободног обртног постоља (приколице) електромоторног воза серије ЭР11 у пресеку подужног носача рама (- по ординати - $S(f) [(dN/cm^2)^2/Hz]$, спектрална густина убрзања, - по апциси - f - [Hz]. фреквенција.

Вероватноћа p_{ii} (део времена) која се односи на кретање брзином v_i дефинисана је релацијом:

$$p_{ii} = \frac{p_{ii}}{v_i \sum_i \frac{p_{ii}}{v_i}} \quad (1)$$

где је: p_{ii} - величина вероватноће која се јавља при кретању одређеном брзином у интервалима $\Delta v_i = v_{i+1} - v_i$ за једнаке делове пређеног пута p_{ii} у километрима;

v_i - брзина кретања i - тог интервала.

У табели 1. [2] дате су вредности p_{ii} у процесу експлоатације електромоторних возова у приградском саобраћају:

Табела 1. Вероватноће кретања

| Интервал брзине $\Delta v_i = v_{i+1} - v_i$ | до 40 | 41-50 | 51-60 | 61-70 | 71-80 | 81-90 | 91-100 | 101-110 | 111-120 | 121-130 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|
| Вероватноће p_{ii} | 0.155 | 0.10 | 0.11 | 0.14 | 0.14 | 0.14 | 0.13 | 0.07 | 0.01 | 0.005 |

3. ПРОЦЕНА ВЕКА УСЛЕД ЗАМОРА ДО ПОЈАВЕ ПРСКОТИНЕ

Процес процене временске чврстоће - границе издржљивости и века услед замора код елемената структуре шинских возила је у функцији: режима оптерећења; карактеристике чврстоће конструкције; и степена подударна математичких модела прорачуна са физичким процесом лома услед замора. Када се за случајни експлоатациони режим оптерећења одреди њему еквивалентни синусоидни који приближно исто разара структуру (поједностављено утврђивање нивоа

амплитуда напона, учесталости и познатих особина чврстоће конструкције на лом), могу се применити хипотезе:

а) да је крива издржљивости дефинисана Wöler - овом кривом замора: $\sigma_a^m \cdot N = \sigma_{-1}^m \cdot N_0 = C$, (овде је: σ_a - амплитуда специфичног цикличног напона; m - показатељ степена изједначавања криве издржљивости; N - број циклуса напона пре појаве лома од специфичног напона; σ_{-1} - граница издржљивости за симетрични циклус напона; N_0 - број циклуса напона пре појаве лома од симетричног циклуса напона; и C - константа криве издржљивости материјала). Хипотеза је потврђена у реалним условима егзистенцијом функције расподеле века N , која је скоро иста као и функција расподеле σ . С обзиром да је ова функција у логаритамским координатама једначина кривих исте вероватноће, фактички значи да се истраживање распореда века и чврстоће може узети за истраживање Wöler-ове криве замора (за њен коси део) [2] у логаритамским координатама ($\ln \sigma - \ln N$), где је $m = \text{tg} \alpha$ - параметар Wöler-ове криве.

б) да се оштећења у материјалу гомилају према Палмгрен-Мајнеровом закону линеарног сумирања оштећења: $v = \int_0^h \frac{dn}{N(\sigma)}$, где је v - оштећење у зони

концентрације напона, n - број променљивих циклуса напона на нивоу напона N ; $N(\sigma)$ - број циклуса напона до лома на датом нивоу напона σ ; Усваја се хипотеза у суштини, да су оштећења узорка материјала V у случајевима са сразмерно малим течењем када је $V \gg r_p$, једнака унутар доминантне зоне концентрације напона са полупречником границе пластичности r_p , без обзира на конфигурацију и оптерећење.

У циљу процене века услед замора до појаве видљиве прскотине, експлоатациони режим оптерећења се своди на еквивалентни стационарни [3] сумирањем оштећења при свакој од брзина, преко релације:

$$\sigma_{ek} = \sqrt{\frac{2^{m/2} \cdot \Gamma\left(\frac{m+2}{2}\right) \cdot T_0 \cdot f_0}{N_0 \cdot \varphi^m} \cdot \sum_i S_{vi}^m \cdot p_{ii}} \quad (2)$$

где је: σ_{ek} - амплитуда еквивалентног стационарног ускопојасног процеса напона који разара конструкцију приближно исто као и радни;

m - показатељ степена изједначавања криве издржљивости;

Γ - гама функција;

$T_0[s]$ - заморни век до појаве прскотине;

f_0 - вредност фреквентног максимума;

N_0 - базни број циклуса напона до појаве прскотине од еквивалентног стационарног режима оптерећења амплитуде σ_{ek} ;

φ - коефицијент у функцији асиметрије циклуса:

$$\varphi = (\sigma_v - \sigma_m) / \sigma_v;$$

σ_v - граница развлачења материјала;

S_{vi} - средње квадратно одступање динамичких

напона при брзини v_i ;

p_{ti} - вероватноће кретања одређеном брзином v_i .

Еквивалентна амплитуда σ_{ek} (2) мора се кориговати усвајањем коефицијента сигурности $\eta \geq [\eta]$, релацијом:

$$\sigma_{ek} = \left(\frac{[\sigma_{-1k}]}{[\eta]} \right)^m \quad (3)$$

где је: $[\sigma_{-1k}]$ - минимална заморна чврстоћа узорка материјала за задату веродостојност q на базни број циклуса напона N_0 , $[\eta]$ - минимални дозвољени коефицијент резерве (за елементе шинских возила препоручује се $\eta \approx 1,15$).

Уградњом корекције (3) у релацију (2) добија се коначна једначина којом се дефинише безбедни век елемента структуре у часовима:

$$T_0 = \frac{\left(\frac{[\sigma_{-1k}]}{[\eta]} \right)^m \cdot N_0 \cdot \varphi^m}{3600 \cdot 2^{m/2} \cdot \Gamma\left(\frac{m+2}{2}\right) \cdot f_0 \cdot \sum_{vi} S_{vi}^m \cdot P_{ii}} [h] \quad (4)$$

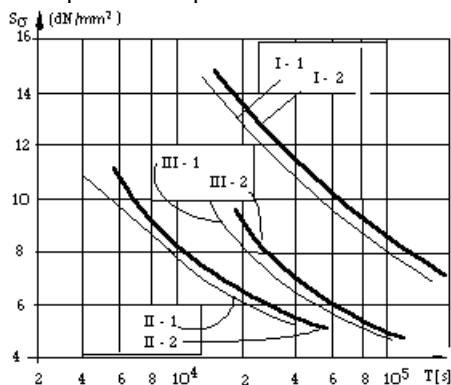
За прорачун заморног века изражен у километрима (L_0 [km]) може се применити очекивана вредност средње брзине кретања железничког возила (v_{sr} [km/h]) у релацији:

$$L_0 = T_0 \cdot v_{sr} [km] \quad (5)$$

само за случај када је предходно одређен безбедни век у времену рада до појаве прскотине T_0 [h].

4. ЗАКЉУЧАК

Суштински недостатак окарактерисане временске чврстоће услед замора је одсуство једне опште теорије о акумулацији оштећења (линеарна је генерално ограниченог карактера) и још увек не разјашњен процес замора материјала. Последица је неадекватна аналитичка процена века не само за случајно већ и за сложено симетрично оптерећење.



Сл.8. Криве регресије заморног века у облику кривих заморау функцији карактера оптерећења узорака рама моторног обртног постоља ЕМВ тип ЭР11 (по ординати $S(\sigma) = 4 \div 16$ [dN/mm²] - средње квадратно одступање процеса напона, по апциси време T [s] - време замора).

У датом математичком моделу процене века основна потешкоћа је директна зависност века од статистичких показатеља добијених приликом испитивања на замор. Потврђена је чињеница, да и за

случај да су средње квадратне вредности процеса оптерећења једнаке, сам прелаз од просто цикличног на случајно оптерећење доводи до смањења века.

Утицај карактера процеса оптерећења на век (неподударане века) према резултатима испитивања узорака рама моторног обртног постоља електромоторног воза серије ЭР11 [1] приказан је кривама регресије до појаве видљиве прскотине (I-1 за хармонијско оптерећење; II-1 за случајно ускопојасно и III-1 за случајно широкопојасно оптерећење), и до лома (аналогно I-2, II-2 и III-2). На дијаграму су очигледне разлике векова у функцији карактера процеса оптерећења. За тачну прогнозу века, неопходна су вишеструка истраживања у циљу усаглашавања карактеристика временске чврстоће материјала и услова оптерећења. У прорачуну треба укључити показатеље једног целовитог процеса контроле оштећења, који мора започети са процесом пројектовања технологије обликовања, уз алтернативне могућности производње, пројектовања одржавања и праћења у раду дефинисаном технологијом.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Н. Шубара, "Нове методе за одређивање преосталог века елемената конструкције шинских возила", Докторска дисертација, Машински факултет, Београд, 2001.
- [2] Н. Шубара "Конструктивне и технолошке методе за повећање века елемената конструкције шинских возила", Магистарска теза, Машински факултет, Београд, 1997.
- [3] А Гусев, "Сопротавленије усталости и живучести конструкције при случајних нарузкама", Машиностроение, Москва, 1989.
- [4] Н. Шубара, "Замор и процена века елемената конструкције шинских возила", Специјалистички рад, Машински факултет, Београд, 1997.

FATIGUE LOAD AND RAILWAY VEHICLE CONSTRUCTION ELEMENTS DURABILITY TO THE FATIGUE RENT APPEARANCE

Nadežda Šubara

Abstract - Lifetime depend level designed railway rolling equipment in the work, for the durability provided, covenant continuous parameter condition with for the structure integrity paramount, from the assesay to the ecploatacion. The purpose of this article is variable interaction defnition among exsternal load and resist time fatigue accumulation criteria initiation, considering the fatigue crack construction elemnts not arisens always when is exsceeded more time the permissive load in the ecploatacion process. Rated process resist time and safe durability definetng above of loading stye function noted in the comparasion with srenght condition, of the approximately mechanical aftermath work load for the fatigue NDI (non destruction inspection) rent initiation time.

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

ЕЛАСТИЧНОСТ ЛЕНКЕРА НА ОБРТНИМ ПОСТОЉИМА WEGMANN, MD 36 И MD 52

Топлица Голубовић

Резиме – Приликом увођења у производни програм, односно експлоатацију, пропуштена је могућност да се од пословног партнера затражи одговарајућа документација о еластичности везе кућице лежаја и рама обртног постоља. Ова информација је већ у дужем временском периоду актуелна због стабилности на великим брзинама (MD 52) и хабања венаца на пругама ЈЖ код сва три типа. Еластичност, односно крутост ове конструктивне везе има своју научно засновану дефиницију у динамици трчећег строја, али се у актуелним ситуацијама пласирају површине перформансе и непоуздани подаци. У овом раду се делом преноси, а делом самостално обрађује, општа и специјална проблематика на начин и у облику који одговарају једном сепарату пратеће техничке документације.

Кључне речи – обртно постоље, осовински склоп, ленкер, крутост c_x , c_y

1. УВОД

Ленкер је немачки назив за конструкциону везу кућице лежаја и рама обртног постоља, па се овде користи као опште познат и једноставан. На обртном постољу (скраћено: о.п.) WEGMANN то је кућица са силен-блоком, на MD 36 систем челичних лиснатих опруга (ISO 2162-3:1993 auxiliary springs), а на MD 52 пар лиснатих опруга у блоку са гумено-металним елементима. Еластичне карактеристике су нормиране у пројектовању или се појављују као структуралне односно кинематске карактеристике. Како се ради о малим еластичним померањима реда величине 1 mm, спрега се комбинује са жељеним или паразитским зазорима, па се коначно добија нелинеарна карактеристика сила – померање између осовинског склопа и рама о.п.

Уобичајене ознаке крутости c_x и c_y ¹⁾ су делови или читав ток дијаграма. Ове величине играју одлучујућу улогу у динамичком понашању о.п. при великим брзинама и код хабања венаца тачкова у вожњама кроз кривине.

Циљ активности под радним насловом је да се прикажу неке познате и прорачуном одреде непознате карактеристике еластичности ради директне примене у прорачунима динамичког понашања о.п. односно ради процене таквог понашања.

2. ПОРЕКЛО И ВЕЛИЧИНЕ СИЛА ИЗМЕЂУ ТОЧКОВА И РАМА

За ову проблематику су од значаја величине динамичких сила код вијугања и пролаза кроз кривине, које се развијају између тачка и шине. У оба случаја то су силе трења услед проклизавања. Код вијугања проклизавања су у подужном и бочном правцу са фреквенцијом зависном од брзине вожње. Уводне силе између тачка и шине код стабилног вијугања су ограничене расположивом силом приањања, а на

ленкере се преносе умањене за силу инерције о.с. или дела о.с. [1].

Пролаз кроз кривине је праћен квазистатичким развојем само подужних сила. Оне настају ако Δr -функција не покрива разлику дужине путање тачкова на шинама истог о.с. Један тачак о.с. је увек на газећој површини, па је уводна сила такође ограничена расположивом силом приањања за дате услове. Новијом одредбом UIC 515-0 т.1.10 (2001.г.) дат је критеријум активног и пасивног радијалног подешавања. Због различитих реалних положаја о.п. у кривини према UIC 505-1 т.7.2.2 за пасивно подешавање треба обезбедити еластично померање у ленкеру бар 4 mm у сваку страну. За реалну силу у ленкеру 10 kN то је $c_x=2,5$ kN/mm (меко вођење). Ова проблематика је детаљно обрађена у [2].

3. ОБРТНО ПОСТОЉЕ WEGMANN

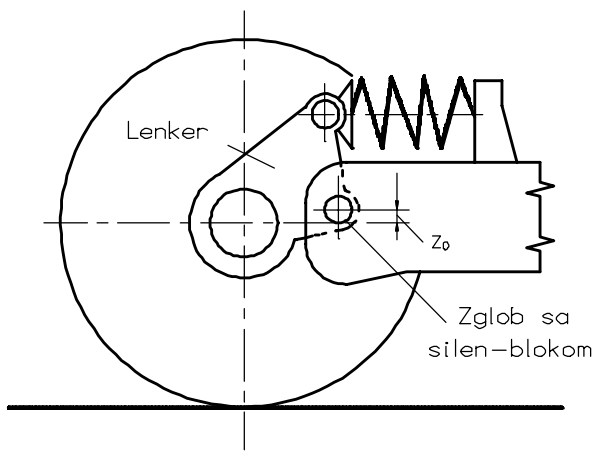
Било је у стручној јавности мишљења и података, па и сада тога има, да о.п. WEGMANN на ЈЖ има врло круто подужно вођење о.с. То је заиста тачно за неке типове у другим земљама, али за тип на ЈЖ постоји једноставан теоријски доказ о једној реалној c_x .

3.1 Подужна крутост c_x

Конструкциона шема вођења о.с. приказана је на сл.1, а кинематика тога вођења на сл.2.

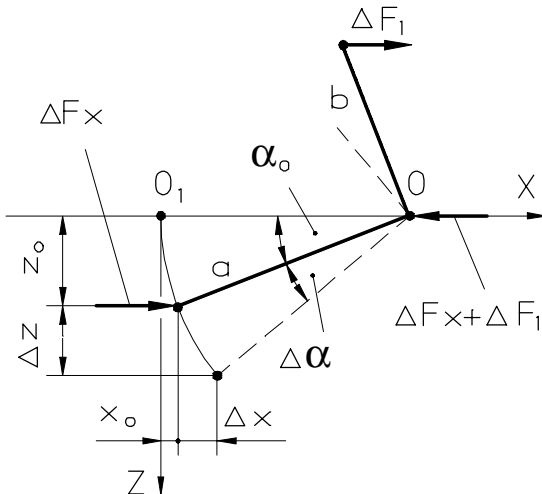
Подужна еластичност је омогућена надвишењем осе зглоба изнад осе лежаја. Код празних кола она износи око 30 mm за тип о.п. на ЈЖ.

¹⁾ Према ISO 2162-2:1993 крутост се означава са R



Слика 1. Конструкциона шема вођења осовинског склопа

Када се у положају статичке равнотеже (z_0, x_0, α_0) преко рукавца осовине на лежај и кућицу постепено уведе сила ΔF_x , кућица се обрне око зглоба за угао $\Delta\alpha$, а сила у опрузи смањи за ΔF_1 . Збир $\Delta F_x + \Delta F_1$ прихвата зглоб.



Слика 2. Кинематика ленкера

Свака промена $\Delta\alpha$ праћена је појавом момента $c_{s\alpha} \cdot \Delta\alpha$ у гуменом слоју silen-блока ($c_{s\alpha} \leq 250 \text{ Nm/1}^\circ$). Он се може придодати моменту силе у опрузи ΔF_1 преко коефицијента k , који је $\approx 1,16$.

Резултат услова равнотеже момента за зглоб је

$$\Delta F_x = k \Delta F_1 \text{ctg}(\alpha_0 + \Delta\alpha)$$

Ако се горњи израз формално множи и дели са Δx и Δz , и узме у обзир да је $c_{z1} = \Delta F_1 / \Delta z$ крутост примарног огибења, добија се крутост ленкера услед кинематике

$$c_{xk} = \frac{\Delta F_x}{\Delta x} = k c_{z1} \frac{\Delta z}{\Delta x} \text{ctg}(\alpha_0 + \Delta\alpha)$$

Ако се c_{xk} схвати као просечна крутост у домену $\alpha_0 \pm \Delta\alpha$, онда је

$$\frac{\Delta z}{\Delta x} = \frac{dz}{dx} = \text{ctg} \alpha_0 \approx \frac{a}{z_0}, \quad c_{xk} \approx k c_{z1} \left(\frac{a}{z_0}\right)^2$$

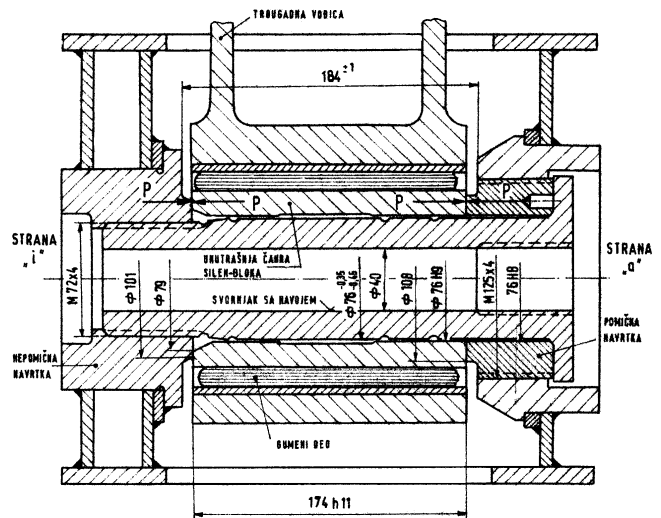
За $c_{z1} = 1200 \text{ N/mm}$ биће $c_{xk} \approx \frac{1}{z_0^2} \cdot 1,05 \cdot 10^8$.

Радијална крутост гуменог слоја у silen-блоку c_{xG} (сл.3) има знатна одступања од средње вредности, а дефинисана је само за оптерећења мања од радних [3]. Средња вредност је 250 kN/mm , али су узорци домаће производње и до два пута "мекши".

Спрегнута крутост редне везе за c_{xk} и c_{xG} за празна кола ($z_0 = 30 \text{ mm}$) је $c_x \approx 80 \text{ kN/mm}$.

3.2 Бочна крутост c_y

Бочно померање се реализује на два места. У лежају постоји аксијално померање због зазора између ваљака и граничника на прстеновима и оно износи око 1 mm укупно. Осим тога, унутрашњи прстенови лежаја су допунски размакнути за 2 mm , па је укупан поштај рукавца према кућици лежаја око $1,5 \text{ mm}$. У silen-блоку (сл.3) спољашњи и унутрашњи прстенови се под аксијалним оптерећењем померају преко гуменог дела.



Слика 3. Silen-блок

На сл.11 приказана је зависност сила – померање као технички захтев за израду и испоруку. Узимајући као просечну вредност средњу криву, крутост c_y у означеној тачки је извод криве у тој тачки, тј. око 5 kN/mm , а у почетку криве око 8 kN/mm . За потребе динамичке анализе (вијугање) потребан је хистерезис-дијаграм у читавом опсегу $\pm 3,5 \text{ mm}$ и у зависности од фреквенције, да би се из тога дефинисало c_y .

4. ОБРТНО ПОСТОЉЕ MD 36

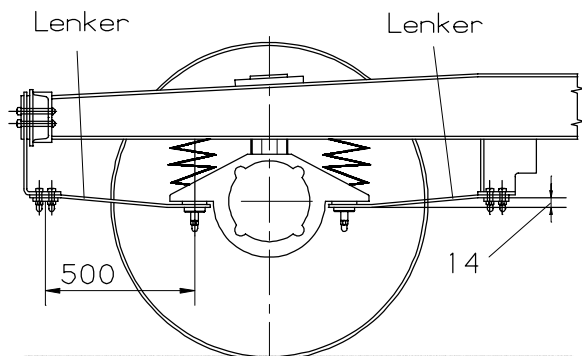
На ЈЖ се у тип MD 36 убраја читав контингент о.п. под старијим колима типа X, увезеним из Немачке. Сама ознака MD 36 није добро дефинисана ни за стручњаке, јер се под њом подразумевају како типови из шездесетих година са класичном кочницом, тако и један новији тип са диск-кочницом за брзине 200 km/h . Међутим, систем ленкера је исти и он се овде обрађује.

4.1. Избор модела за прорачун

На сл.4 упрошћено је приказан систем ленкера, а на сл.5 механички модел за прорачун.

Крајеви ленкера су код празних кола подигнути према раму за $14 \div 15 \text{ mm}$, а ретко када долазе у водораван положај. Унутрашњи ленкер је непомично укљештен на оба краја, а спољашњи повезан са

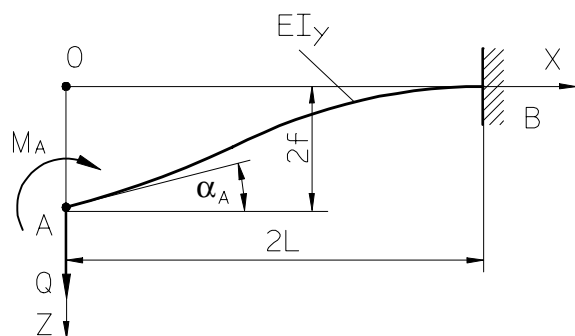
вертикалним (угаоним) ленкером. Спољашња грана је знатно еластичнија од унутрашње и не рачуна се у спрегу, а има улогу сигурности и против галомирања дугачког и тешког рама.



Слика 4. Систем ленкера на MD 36

Ленкер на сл.5 се третира као витка укљештена греда са помакнутим нивоима ослонаца за $2f$ код празних кола. Због овог ленкер допунски оптерећује примарно огибљење, као да се ради о неком додатном терету.

Сила Q и момент M_A су реакција ослонаца на кућици лежаја. Величину M_A је тешко одредити, јер је она резултат отпорности против окретања кућице, коју пружају спољашња (еластичнија) грана и осовинске опруге.



Слика 5. Механички модел за прорачун

Са сл.5 следи

$$\begin{bmatrix} 2f \\ \alpha_A \end{bmatrix} = \frac{1}{EI_y} \begin{bmatrix} \frac{(2L)^3}{3} & -\frac{(2L)^2}{2} \\ -\frac{(2L)^2}{2} & 2L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q \\ M_A \end{bmatrix}$$

Овде је крутост ленкера изражена матрицом. Прелаз на једноставан израз $c_z=Q/2f$ је могућ када се успостави релација између Q и M_A .

Посматрања и провизорна премеравања показују да је угао нагиба α_A мали и крајеви ленкера приближно паралелни. Ова констатација има одлучну улогу у опредељењу за прорачун. За $\alpha_A=0$ су:

$$Q = f \frac{3EI_y}{L^3}, \quad M_A = QL$$

па је греда састављена од два антисиметрична дела са

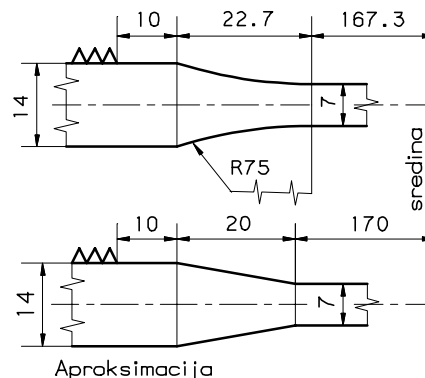
превојном тачком у средини, где је момент савијања нула.

4.2. Подаци за прорачун

Материјал ленкера је челик према DIN 17221, који према DIN 2089 Т.1:1984 има модул еластичности $E=2,06 \cdot 10^6 \text{ N/mm}^2$ и модул клизања $G=0,815 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$.

Ширина елемента је 120^{-2} mm а дебљина $7^{\pm 0,2} \text{ mm}$. Момент инерције I_y за граничне мере је $3890/3008 \text{ mm}^4$, а за номиналну 3430 mm^4 . Старији ленкери су због пескарења на доњој мери, али се због неких поређења рачуна са дебљином 7 mm . Како се E и I_y јављају као производ, овде је заокружено $EI_y=7 \cdot 10^8 \text{ N/mm}^2$. За бочна померања примењује се $I_z \approx 10^6 \text{ mm}^4$, односно $EI_z=2,076 \cdot 10^{11} \text{ N/mm}^2$. Момент инерције при увијању је $J = 120 \cdot 7^3 / 3 = 1,372 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$, Сен-Венанова константа увијања $GJ = 1,12 \cdot 10^9 \text{ N/mm}^2$, а крутост при смицајном померању $GA = 6,8 \cdot 10^7 \text{ N}$.

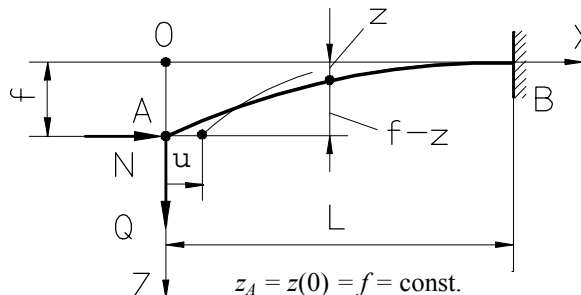
На сл.6 дат је изглед прелазног дела и модификације за прорачун. У процесном делу прорачуна рад са променљивим пресеком је доста отежан, па је нађена еквивалентна дужина конзоле, која под силом 1 kN на слободном крају даје исти угиб. Посебним прорачуном тај угиб у правцу Z -осе је одређен на $2,675 \text{ mm}$, па је $L=180 \text{ mm}$ и важи само за савијање.



Слика 6. Прелазни део и модификација за прорачун

4.3. Подужна крутост c_x

Једна полутка ленкера представља се као конзола према сл.7. Разматра се прво случај силе притиска.



Слика 7. Шема за прорачун полутке ленкера

Треба одредити померање и слободног краја конзоле под дејством силе N , а ради тога треба одредити еластичну линију $z=f(x)$.

$$-M = Qx + N(f - z)$$

$$EI_y z'' = -M = Qx + N(f - z)$$

$$EI_y z'' + Nz = Qx + Nf$$

$$\text{сменом } k^2 = \frac{N}{EI_y}, \quad a = \frac{Q}{EI_y}, \quad b = \frac{Nf}{EI_y}$$

добија се нехомогена диференцијална једначина

$$z'' + k^2 z = ax + b \quad (1)$$

За контурне услове:

$$x = 0 \Rightarrow z = f$$

$$x = L \Rightarrow z' = 0, \quad z = 0$$

добија се коначно решење²⁾:

$$z' = \frac{Q}{N} \left(1 - \frac{\cos kx}{\cos kL} \right) \quad (2)$$

$$Q = \frac{kfN}{\operatorname{tg}kL - kL} \quad (3)$$

$$z = f \left[1 - \frac{1}{\operatorname{tg}kL - kL} \left(\frac{\sin kx}{\cos kL} - kx \right) \right] \quad (4)$$

Из (3) следи да се Q смањује повећањем N . У опсегу $N=175 \div 11200N$, Q опада са 2520 на око 2000 N. Из (2) следи да је $z' \leq 0$, јер аргумент kL за реалне вредности N не достиже вредност са којом z' мења знак, тј. не достиже се вредност критичне силе при извијању. Еластична линија има облик $\frac{1}{4}$ таласа.

Због могуће нелинеарне зависности $N=f(x)$ одређивање померања се врши помоћу комплементарног виртуелног рада у облику јединичног оптерећења.

$$M = N(z - f) = Q \left(x - \frac{\sin kx}{k \cos kL} \right)$$

$$u = \int_0^L \frac{M}{EI_y} \frac{\partial M}{\partial N} dx = \frac{Q}{EI_y} \frac{Q}{N} \int_0^L \left(x - \frac{\sin kx}{k \cos kL} \right)^2 dx \quad (5)$$

Коначно решење је

$$u = \frac{f^2}{L} \left(\frac{kL}{\operatorname{tg}kL - kL} \right)^2 \left[\frac{(kL)^2}{3} + 2 + \frac{1}{2 \cos^2 kL} - 2,5 \frac{\operatorname{tg}kL}{kL} \right] \quad (6)$$

Из (6) се не може формулисати зависност $N=f(u)$ у експлицитном облику. Зато се формира низ погодних вредности за kL који одговара опсегу силе N . На пример, $kL=0,09, 0,18, \dots, 0,72$ одговара $N=175, 700, \dots, 11200$. Тако се успоставља низ парова (u_i, N_i) , па се може наћи зависност $N=f(u)$.

Добија се скоро линеарна зависност са око 1% релативног смањења односа N_i/u_i у целом опсегу силе N . Како су две полутке везане у ред, крутост је за $f=7\text{mm}$, $L=180\text{mm}$:

$$c_{xf} = \frac{N_i}{2u_i} = 81,5 \text{ kN/mm} \quad (7)$$

са одступањем од линеарности око 0,5% у целом опсегу. Због велике нумеричке осетљивости израз (6) је развијен у Маклоренов ред по аргументу kL . Добијено је

$$u \approx f^2 L \frac{153}{315} \frac{N}{EI_y} \quad (8)$$

Слагање са (6) је високо, ($c_{xf}=81,7$), па се може дозволити грешка око 3% ради добијања једноставног израза

$$c_{xf} = \frac{N}{2u} = \frac{EI_y}{f^2 L} \quad (9)$$

Сила N истеже ленкер.

Променом знака силе N добија се диференцијална једначина

$$z'' - k^2 z = ax - b \quad (1')$$

Решење ове диференцијалне једначине има формално сличности са решењем (1), с тим што се хармонијске функције замењују хиперболичним. Добија се:

$$Q = \frac{kfN}{kL - \operatorname{th}kL} \quad (3')$$

$$z = f \left[1 - \frac{1}{kL - \operatorname{th}kL} \left(kx - \frac{\operatorname{sh}kx}{\operatorname{ch}kx} \right) \right] \quad (4')$$

Из (3') следи да се повећањем N повећава Q . Израз за u се формулише као у (5), а за резултат добија

$$u = \frac{f^2}{L} \left(\frac{kL}{kL - \operatorname{th}kL} \right)^2 \left[\frac{(kL)^2}{3} + 2,5 \frac{\operatorname{th}kL}{kL} - 2 - \frac{1}{2 \operatorname{ch}^2 kL} \right] \quad (6')$$

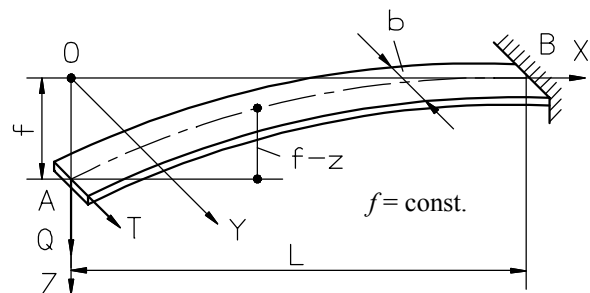
Израз (6') такође даје скоро линеарну зависност $N=f(u)$. Развој у Маклоренов ред доводи до истих израза (8) и (9) као код сабијања ленкера.

Крутост ленкера c_{xf} при угибу $2f$ може се за оба смера изразити са (9) и узети да је $c_{xf}=80 \text{ kN/mm}$ код празних кола. Крутост при чистом истезању/притиску је константна и износи $c_{xe}=448 \text{ kN/mm}$.

Укупна крутост редне везе код празних кола ($2f=14 \text{ mm}$) од ова два утицаја је $c_x=68 \text{ kN/mm}$.

4.4. Бочна крутост c_y

При датом вертикалном угибу $2f$ између крајева ленкера крај везан за кућицу лежаја помера се под дејством силе T у правцу осе Y у оба смера за величину $2v$ без обртања око осе Z . У принципу важи модел за прорачун као на сл.5, па се може разматрати једна полутка као конзола са почетним угибом f оптерећена силом T . Елемент је оптерећен на савијање (од M_f), увијање (од M_t) и смицање (од T).



Слика 8. Механички модел за прорачун

$$M_f = Tx, \quad M_t = T(f - z)$$

²⁾ Решења аутора су контролисана програмским пакетом MATLAB

$$z = \frac{QL^3}{6EI_y} \left[\left(\frac{x}{L} \right)^3 - 3 \left(\frac{x}{L} \right) + 2 \right]$$

Применом принципа јединичног оптерећења добија се:

$$\begin{aligned} v &= \int_0^{L_s} \frac{1,2T}{GA} dx + \int_0^{L_f} \frac{Tx^2}{EI_z} dx + \int_0^{L_t} \frac{T(f-z)^2}{GJ} dx = \\ &= 1,2 \frac{T}{G} \int_0^{210} \frac{dx}{A} + \frac{TL_f^3}{3EI_z} + f^2 \frac{17}{35} \frac{TL_t}{GJ} \end{aligned} \quad (10)$$

Први члан обухвата смицајно померање на дужини $L_s=210$ mm, са променљивим пресеком, где је 1,2 коефицијент смицајне расподеле. Други члан је угиб при савијању на редукованој дужини $L_f=195$ mm, а трећи угиб од увијања закривљеног носача на $L_t=180$ mm (L_f и L_t су одређене посебним прорачуном).

За резултат се добија:

$$v = T(3,39 + 11,95 + 3,83) \cdot 10^{-6} = T \cdot 19,2 \cdot 10^{-6} \quad (11)$$

$$c_v = \frac{T}{2v} = 26 \text{ kN/mm}$$

Претпоставимо ради поређења са MD 52 да ленкер има зглобну везу на кућици лежаја у равни XY (видети тачку 5.2). Тада се добија:

$$v = T(2 \cdot 3,39 + 8 \cdot 11,95 + 6,12 \cdot 3,83) \cdot 10^{-6} \quad (12)$$

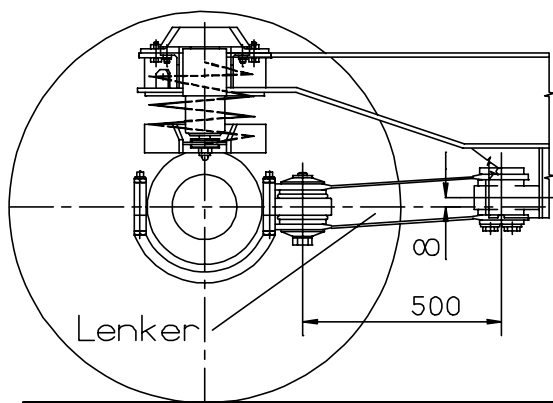
$$= T \cdot 1,26 \cdot 10^{-4}; \quad c_v = \frac{T}{v} = 8,5 \text{ kN/mm}$$

Прорачун бочне крутости целе спољашње гране ленкера даје $c_y=3,5$ kN/mm, при чему подужни елемент има 4,04 а вертикални 26,4 kN/mm код празних кола. Због овако мале вредности c_y прорачун није приказан.

На сл.11 приказана је зависност $T=f(v)$ добијена из обрасца (10). Зона неосетљивости ± 3 mm је размак унутрашњих прстенова лежаја 5 mm и конструктивног зазора сса. 1mm.

5. ОБРТНО ПОСТОЉЕ MD 52

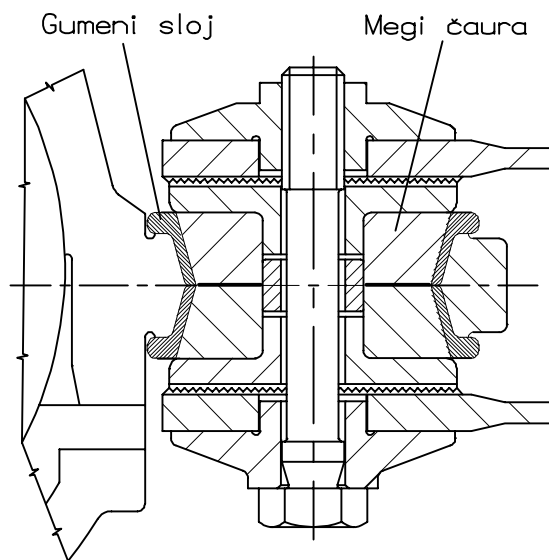
Систем ленкера (сл.9) је пар подужних вођица (са унутрашње стране о.с.), потпуно укљештен на раму преко зупчастих плоча а еластично везан за горњи део кућице лежаја (сл.10). Ослоне површине на левом и



Слика 9. Ленкер на MD 52

десном крају су скоро увек паралелне. Под празним колима ослонац на раму је изнад ослонца на кућици за 8 mm. Обе вођице показују антисиметричну флексију леве и десне полутке, па се при оптерећењу у вертикалној равни XZ може разматрати само полутка једне вођице. Еластична веза (сл.10) преко два пара "меги"-чаура омогућује подједнако радијално померање у равни XY као и окретање те везе око вертикалне осе.

Подужне вођице се по конструкцији разликују од оних код MD 36 на прелазном делу и крајевима, па су због тога еластичније.



Слика 10. Веза ленкера са кућицом

5.1 Крутост c_x

Пар "меги"-чаура у склопу (сл.10) има номиналну крутост 80 kN/mm. Подужне вођице имају модел за прорачун према сл.5 и сл.7, па важи израз (9) помножен са 2. Посебним прорачуном утврђена је редукована дужина $L_f=190$ mm, па се добија $c_{yf}=460$ kN/mm. Крутост при чистом истезању/притиску износи $c_{xe}=872$ kN/mm, па је за овај елемент укупно

$$c_{x,f,e} = 301 \text{ kN/mm} \quad (2f = 8 \text{ mm})$$

Укупна крутост редне везе "меги"-чауре и подужне вођице код празних кола ($2f=8$ mm) је $c_x=63$ kN/mm а оптерећених ($2f=0$) $c_x=73$ kN/mm.

5.2 Крутост c_y

Претпоставља се зглобна веза у споју са "меги"-чаурама. Момент еластичног отпора се занемарује. Померање v се рачуна за цео распон $2L$ једне подужне вођице према сл.5, где сила T делује у тачки А по оси Y (према посматрачу). У израз ($2f - z$) улази једначина еластичне линије $z = z(x)$ за модел према сл.5. при $\alpha_A=0$ Уводећи смену $t = x/2L$ могу се лако извести изрази:

$$2f - z = 12f \left(\frac{t^2}{2} - \frac{t^3}{3} \right)$$

$$\int_0^{2L_f} \frac{T(2f-z)^2}{GJ} dx \approx f^2 \frac{3TL_f}{GJ}$$

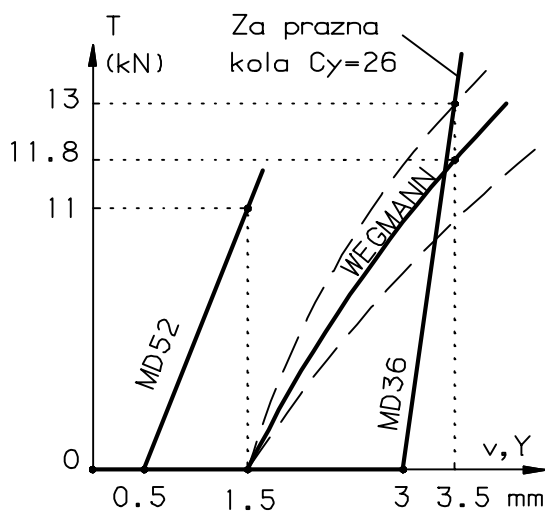
Посебним прорачуном одређене су редуковане дужине $2L_f=451$ mm и $L_f=190$ mm, а такође у целисти и утицај смицања. Применом обрасца (10) на овај случај по структури "s+f+t" добија се:

$$v = \frac{T}{2} (7,68 + 146,31 + 8,07) \cdot 10^{-6} = T \cdot 8,1 \cdot 10^{-5} \text{ mm}$$

Крутост пара подужних вођица је:

$$c_{yv} = \frac{T}{v} = 12,3 \text{ kN/mm}$$

а укупна спрегнута крутост редне везе са "меги"-чаурама $c_y=11 \text{ kN/mm}$, која важи за празна и оптерећена кола. На сл.11 приказана је c_y -карактеристика са зоном неосетљивости 0,5 mm, због конструкционог зазора у лежају око 1 mm.



Слика 11. c_y - карактеристике

Мала зона неосетљивости може да омета експериментална испитивања. Дакле, бочну еластичност ленкера знатно више дају челичне вођице од гумених чаура!

6. ДИСКУСИЈА

За о.п. WEGMANN прорачун је теоријски јасан, па нема алтернативних претпоставки. Код ленкера MD 36 основна претпоставка је антисиметрична конфигурација и прорачун једне полутке. Реалности више одговара положај превожне тачке на око 1/3 распона ка лежају. То би знатно смањило c_x код празних кола, али отежало прорачун.

Значење c_x и c_y и услови под којима се одређују нису нормирани, па то треба обавезно навести у саопштењима. Тако, нпр., код свих 3 о.п. c_x јако зависи од оптерећења кола, а код MD 36 ту зависност има и c_y .

Посебном анализом треба утврдити утицај зоне

неосетљивости на сл.11 код MD 36 и MD 52. Ако је ова зона различита у левом и десном лежају истог о.с., или ленкери нису центрирани, један ленкер се касније укључи (или не укључи).

Од важнијих извора ових података могу се навести [4], [5], [6] и [7]. Публикација [7] је заиста прави извор података, јер се ради о списку великог броја најпознатијих европских о.п. средње и новије генерације. Из [7] се уочава широк опсег величина c_x , c_y и њихових односа са којим се постижу одређени квалитети.

Из наведених разлога аутор се определио на идентификацију c_x и c_y без упуштања у поређење и вредновање анализираних карактеристика.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Müller, C. T.: *Das Schlingerproblem in der Sicht von Vergangenheit und Gegenwart*. ZEV Glas. Ann. /Berlin/ 93 (1969) Nr.11, S.329-336.
- [2] Simić, G.: *Granica između elastičnog i krutog vođenja osovina*. ŽELEZNICE /Beograd/ 48 (1992), broj 11 (1273-1276)
- [3] Golubović, T.: *Silen-blok na obrtnom postolju WEGMANN*. ŽELEZNICE /Beograd/ 34 (1978) 6
- [4] Ulsamer, J.: *Zur Entwicklung neuzeitlicher Drehgestelle für Schienenfahrzeuge im Personenverkehr*. Sonderdruck aus SCHIENE UND STRASSE 1958 /AG. Köln-Deutz./
- [5] V. Madeyski, Th. u K. Möller: *Drehgestelle MD 52 und LD 730 für neue Reisezugwagen der DB*. ZEV – Glas. Ann. /Berlin/ 105 (1981) Nr.4. S.105-119 u S.192.
- [6] V. Madeyski, Th.: *Neue Reisezugwagendrehgestelle. Auswahlmethodik und Betriebsverhalten des Drehgestells MD 52*. ZEV – Glas. Ann. /Berlin/ 107 (1983) Nr.8/9. S.253-258.
- [7] ORE B 176/RP1 TAB VIIIa /Utrecht/ (1989)

ELASTICITY OF PILOT LINKS OF WEGMANN MD 36 AND MD 52 BOGIES

Toplica Golubović

Abstract - Opportunity to require relational documentation about the elasticity of link between the axle-box body and the bogie frame was missed at introducing it into production program and exploitation. This information have been an issue for a longer time because of its importance for stability at high speeds (MD 52) and wearing of flanges on the railroads of Yugoslav Railway with all three types of links. Elasticity, versus rate of this structural connection, is scientifically defined in the truck dynamics, but in real situations superficial performances and unreliable data have been presented. This paper partly communicates and partly elaborates autonomy the general and special issues in a way and form appropriate for a separate of technical documentation.

Key words - bogie, wheel set, pilot link, c_x and c_y rate.

CAD-FEA TEHNOLOGIJA MODELIRANJA RAMA OBRITNOG POSTOLJA

Nebojša Ivković¹, Mimir Jovanović²

Rezime: Savremeni softverski paketi omogućuju strukturnu analizu realnih konstrukcija - obrtnih postolja. Rezultati analize omogućavaju uvid u sve detalje na bazi čega se ocenjuje konstrukcija. Ovim radom je prikazan skup aktivnosti i alata za geometrijsko modeliranje i diskretno modeliranje konačnim elementima što omogućava izradu numeričkog modela rama obrtnog postolja. Kako se radi o univerzalnim softverskim alatima, realizacija je prikazana kao skup uzastopnih CAD/FEA operacija u grafičkom obliku. Na kraju je na bazi razvijenog modela izvršena statička analiza rama obrtnog postolja Y25 Lsd sa rezultatima prikazanim u radu. Prikazane procedure i alati su elementi savremenog softvera i predstavljaju osnovu za ocenu jednostavnosti i kvaliteta modeliranja i analize postolja.

Ključne reči: obrtno postolje, CAD, FEA, alati

1. UVOD

Novo tehnologije u železničkom dizajnu, korišćenje računara i softvera dovele su do jednog novog pristupa u procesu razvoja konstrukcija. Modeli se analiziraju svim oblicima dejstava, a rešenja su obilje naponsko-deformacionog stanja. To bogatstvo i raznovrsnost omogućavaju dobijanje boljih objekata, u ovom slučaju vrlo odgovornih konstrukcija - rama obrtnih postolja vagona.

2. CAD MODEL OBRITNOG POSTOLJA

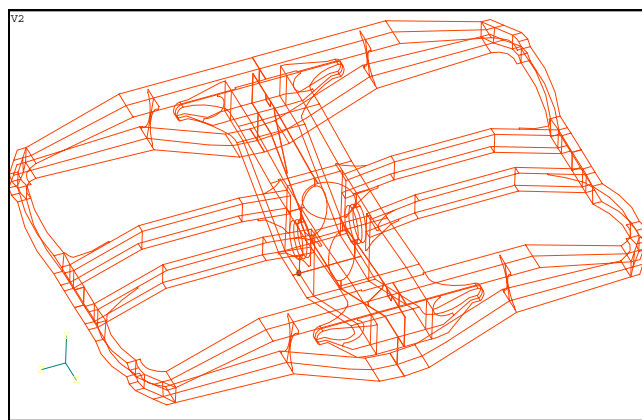
Razvoj u oblasti vagonogradnje koristi savremene softverske pakete koji omogućavaju projektovanje u realnom vremenu i određivanje - analizu karakteristika objekta. Osnova na kojoj se obavljaju analize su numerički-diskretni modeli postolja. U ovom radu za geometrijsko modeliranje i analizu korišćeni su softverski paketi SolidWorks 2001 i NASTRAN.

Geometrijski modeleri (softveri) koriste standardne tehnike prikaza objekata primenom žičanih, površinskih i zapreminskih modela.

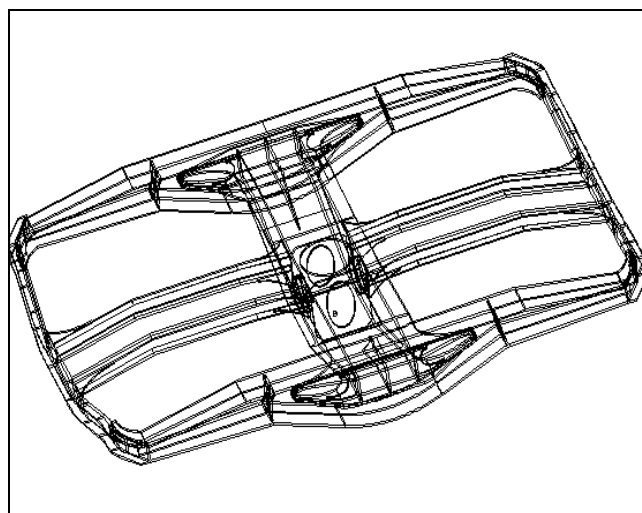
Polazni model za prikaz objekta je žičani (slika 1. i 2.) koji predstavlja skup tačaka i graničnih ivica. Nema skrivenih linija i kod geometrijski komplikovanijih objekta dovodi do vizuelno složenih modela. Žičani model, zbog dostupnosti skrivenih linija omogućuje jednostavniju geometrijsku manipulaciju objektom.

Prikaz razvijenog površinskog modela rama obrtnog postolja je dat na slici 3. Model je opisan graničnim tačkama, ivicama i površinama i kao takav omogućava bolju vidljivost objekta.

Komplikovaniji i bliži geometrijski model rama obrtnog postolja Y 25 Lsd je razvijen primenom zapreminskog model (slika 4.). Ovakvu vrstu modela karakterišu granične tačke, ivice, površine i njima zahvaćena zapremina kontinuma.

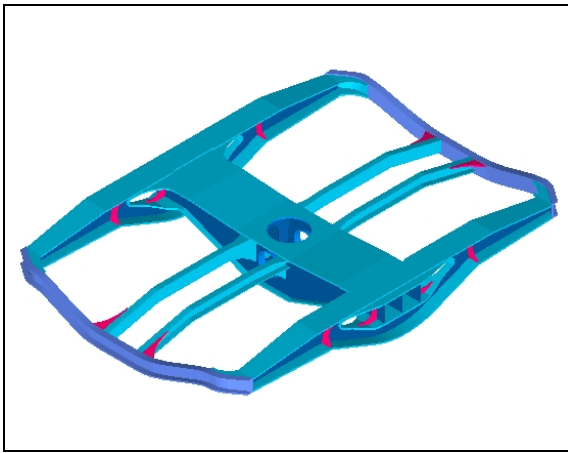


Slika 1. Žičani CAD model rama obrtnog postolja (Nastran)

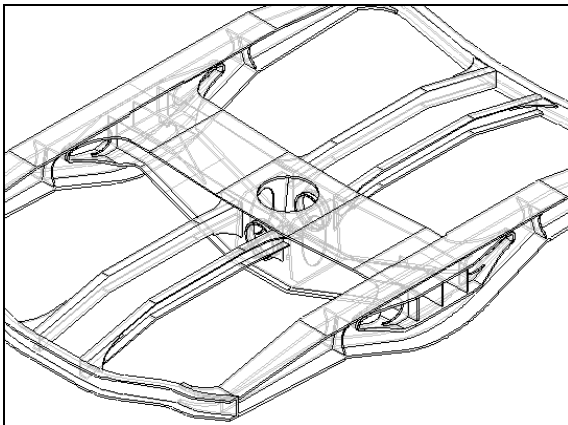


Slika 2. Žičani CAD model rama obrtnog post (SolidWorks 2001)

¹ Nebojša Ivković, dipl. maš. inž., MIN Holding Co. DD "Vagonka", ul. Šumadijska br. 1, 18000 Niš, e-mail: neb2406@ptt.yu
² dr Mimir Jovanović, redovni profesor, Mašinski fakultet Niš, e-mail: m.jovanovic@bankerinter.net



Slika 3. Površinski CAD model rama obrtnog postolja



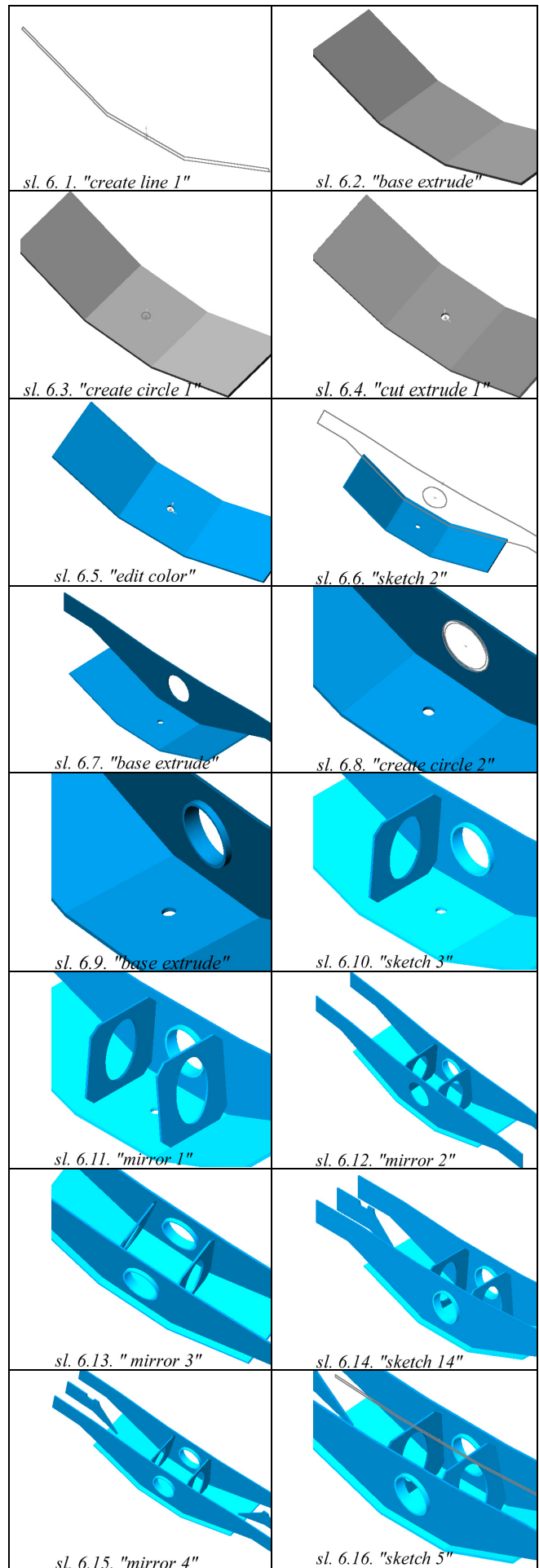
Slika 4. Zapreminski CAD model rama obrtnog postolja

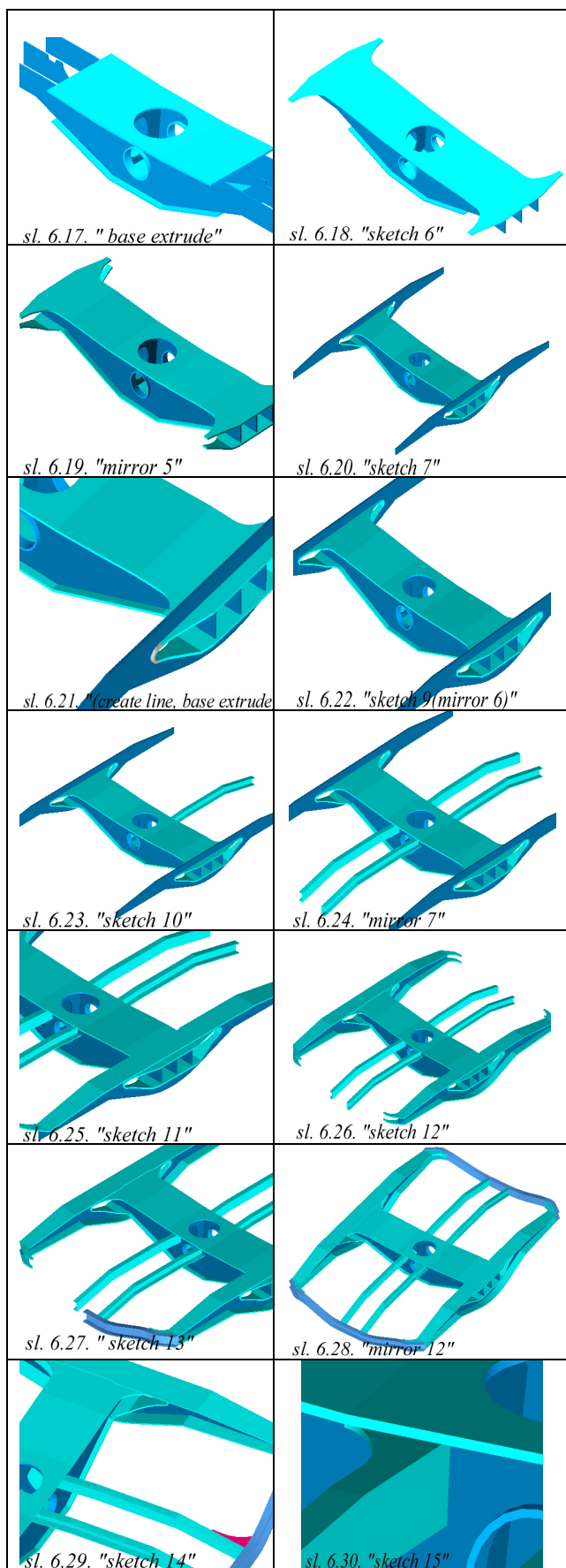
U primeni geometrijskog modelera SolidWorksa 2001 pored generisanja osnovnog modela, formiraju se i svojstva modela. Tako recimo sadržaj menija tools, Mass-Properties daje pregled karakteristika modela. Slika 5.

Mass properties of bogie Y 25 Lsd
 Output coordinate System : -- default --
 Density = 7850.00000 kilograms per cubic meter
 Mass = 836.124219 kilograms
 Volume = 0.10651 cubic meters
 Surface area = 18.11880 square meters
 Center of mass: (meters)
 X = 0.00000; Y = 0.30237; Z = -0.00001
 Principal axes of inertia and principal moments of inertia:
 (kilograms * square meters)
 $I_x = (1.00000, 0.00000, 0.00061); P_x = 5225.67631$
 $I_y = (0.00061, 0.00000, -1.00000); P_y = 5230.78947$
 $I_z = (0.00000, 1.00000, 0.00000); P_z = 10203.03016$
 Moments of inertia: (kilograms * square meters)
 Taken at the output coordinate system.
 $I_{xx} = 599.010118; I_{xy} = 0.0000; I_{xz} = -0.0031$
 $I_{yx} = 0.0000; I_{yy} = 1020.303016; I_{yz} = -0.00461$
 $I_{zx} = -0.00313; I_{zy} = -0.00461; I_{zz} = 599.521433$

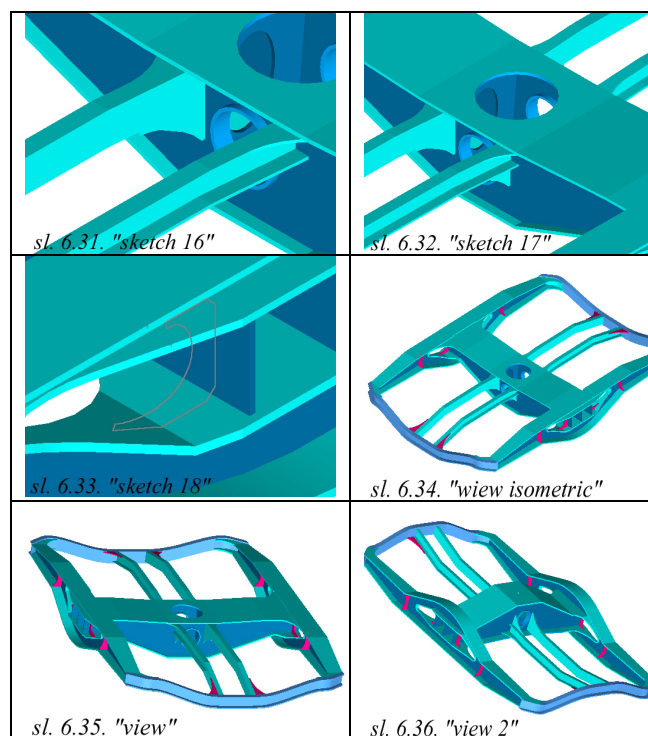
Slika 5. Karakteristike obrtnog postolja (SW 2001)

Na slici 6. je pokazan tehnološki redosled CAD operacija razvoja modela obrtnog postolja. Tekst ispod slika navodi, u originalu naziv alata za operacije na slici. Tako npr. u operaciji 6.2. obavlja se izvlačenje - generisanje površine





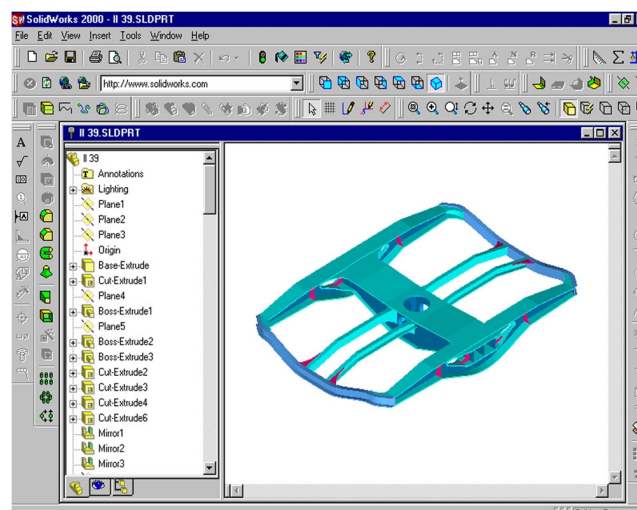
ovladava alatima koje nude softver, radi "filozofijom" koja odgovara inžinjerima, parametričnost, mogućnost lake realizacije različitih ideja, profesionalna (industrijska) izrada dokumentacije, softversko generisanje novih modela modifikacijom baze postojećih, itd.



Slika 6. Postupak izrade zapreminskog modela

Zapreminski modeli su modeli najvišeg stepena kvaiteta.

Realizuju se alatima za CAD solid modeliranje (slika 7.)



Slika 7. Korisnički interfejs softvera SolidWorks 2001

3. FEA ANALIZA OBRTOG POSTOLJA

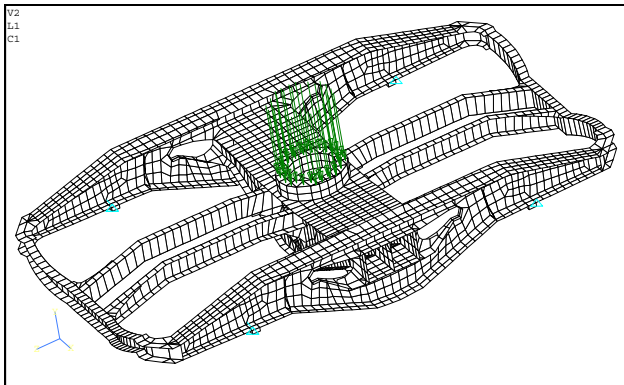
Naredna faza projektovanja su analize modela. U ovoj fazi se daje odgovor na pitanja o otpornosti materijala, pouzdanosti, nosivosti, kinematskom ponašanju, dinamičkom odgovoru. FEA analiza se izvodi na bazi diskretnog modela formiranog iz konačnih elementa.

Na slici 8. dato je obrtno postolje sa konačnim

na bazi geometrije linije (6.1.). Na slici 6.6. (sketch 2) generisan je prikaz skice 2. Slika 6.12. (mirror 2) pokazuje izvršenje operacije generisanja objekta u ogledalu.

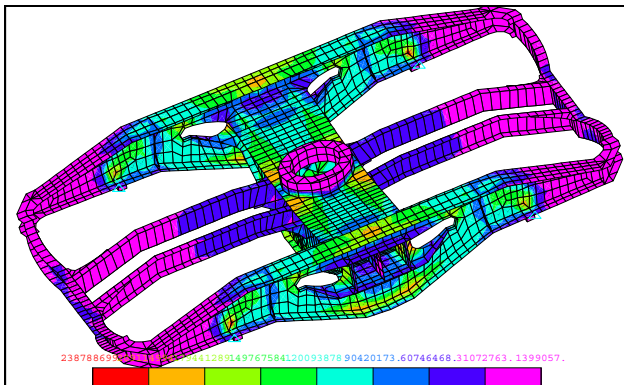
Prednosti CAD modeliranja su višestruke: Brzo i lako se

elementima tipa ploča (trougaoi i četvorougaoni elementi). U ovo obrtno postolje uneta je sila pritiska od 1005,6 KN na mestu obrtne šolje. Postavljena su četiri oslonca na mestima gde dolazi kliznice. Sile su uvedene kao površinski uticaji. Oslonci su modelirani kontinualnim oslanjanjem površina, zapreminskih konačnih elementa.



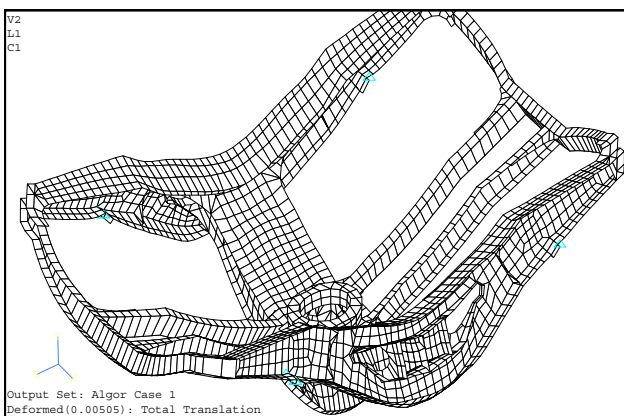
Slika 8. Diskretni model sa mrežom konačnih elemenata, opterećenjem i osloncima

Naredne slike pokazuju neke od mogućnosti softvera u postprocesiranju. Sa slika se vidi mogućnost uvida u naponsko - deformaciono stanje koje nam daje strukturalna analiza. Na slici 9. prikazani su složeni VonMises-ovi naponi.

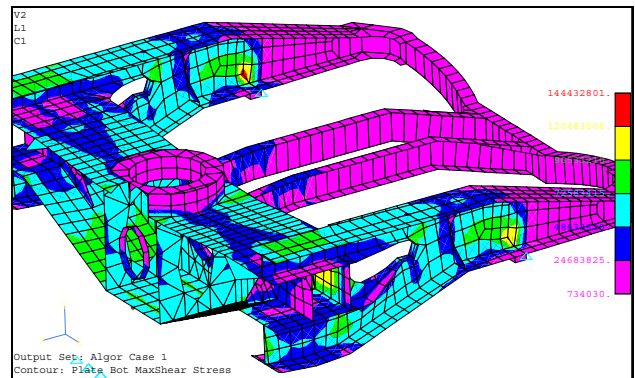


Slika 9. Slika VonMises-ovih napona u obrtnom postolju

Slika 10. pokazuje karikaturni prikaz deformacije pri napred navedenim uslovima.



Slika 10. Slika karikaturno izražene deformacije obrtnog postolja



Slika 11. Slika smicajnih napona u elementima ploče usled transverzalnih sila

Prikaz smicajnih napona (slika 11.) u preseku obrtnog postolja, je još jedna od mogućnosti (ovde primenjenih) koji nudi softverski paket.

4. ZAKLJUČAK

Modeliranje i analize CAD/FEA tehnologija pruža mogućnost boljeg upoznavanja objekta. Obrtna postolja imaju toliku konstruktivnu složenost da se jedino strukturalnom analizom mogu utvrditi sva njihova svojstva. Lakoća i jednostavnost razvijenih alata za geometrijsko i diskretno modeliranje omogućava testiranje i dobijanje rezultata koje je nemoguće dobiti klasičnim analitičkim metodama. Zato je ova tehnologija put ka boljim proizvodima.

LITERATURA

- [1] Babić A.: "CA modeliranje u projektovanju teretnih vagona" Zadužbina Andrejević, Beograd, 1997.
- [2] Jovanović M.: "CAD/FEA PRAKTIKUM za projektovanje u mašinstvu", Univerzitet Crne Gore, Podgorica, 2000.
- [3] Maneski T.: "Kompjutersko modeliranje i proračun strukture" Mašinski fakultet u Beogradu, 1998.
- [4] Fabrika vagona- Kraljevo: "Statičko ispitivanje"- elaborat Kraljevo, 1990.
- [5] Femap, Version 4.01., Enterprise Software Products, Inc. 86-93

CAD-FEA TECHNOLOGY OF BOGIE MODELLING

Nebojša Ivković, Miomir Jovanović

Summary: Modern software packages enable structural analysis of real constructions – bogies. The results of analysis make possible an insight into all details of construction. Therefore the assessment of construction can be done. The set of activities and tools for geometric modelling and discrete modelling by finite elements are shown in this paper providing computational models of bogie. Since the universal software tools are considered, the execution is shown as a set of consecutive CAD/FEA operations in graphic form. Finally, on the basis of developed model, the statistic analysis of bogie Y25 Lsd is carried out. The presented procedures and tools are the elements of modern software and they allow the estimation of the simplicity and the quality of modelling and analysis bogie.

Key words: bogie, CAD, FEA, tools

ХИДРАУЛИЧНИ СИСТЕМ ЗА УПРАВЉАЊЕ ХИДРОДИНАМИЧКИМ ПРЕНОСНИКОМ*

Миодраг Јованчић¹, Војкан Лучанин², Милан Плавшић³

Резиме – У раду је описан хидраулични систем за управљање хидродинамичким паром преносника номиналне снаге 440 kW намењеног за уградњу на маневарским локомотивама. Посебно је обрађена динамика система регулације промене степена преноса при којој се прелази са режима претварача на режим спојнице и обратно.

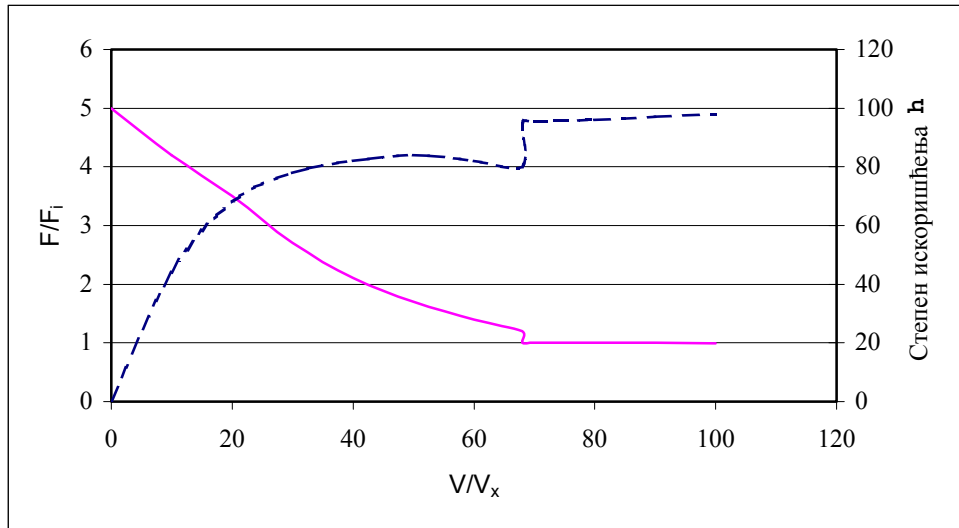
Кључне речи – железница, железничка возила, хидродинамички преносници, управљање

1. УВОД

При избору концепције решења хидрауличног система за управљање хидродинамичким преносником, извршена је анализа постојећих преносника који се производе у свету. Усвојени су они сегменти који показују високу ефикасност у раду а могу се израдити применом домаћих технологија. Вучна возила потребна за наше локалне пруге и индустријске колосеке имају две функционалне целине, хидродинамички пар и мењач смера. У хидродинамичком пару врши се промена вучних параметара, силе и брзине. Маневарске локомотиве за кретање у једном смеру имају два

хидродинамичка пара. Први се користи за полазак и област мањих брзина а други за област већих брзина да би се добио висок степен искоришћења преносника. На слици (1) приказан је дијаграм вучне карактеристике и степена искоришћења.

Хидраулични систем за управљање хидродинамичким преносником обезбеђује континуално прихрањивање хидродинамичких уређаја (претварач или спојница) зависно који је укључен у рад. Поред наведеног улога система је да обезбеди неопходан проток радног флуида кроз хладњак, подмазивање трибо парова, чистоћу уља и заштиту од прекомерног пораста температуре у систему.



Слика 1. Дијаграм вучне карактеристике и степена искоришћења

Један од најсложенијих задатака је свакако аутоматска промена рада преносника са режима претварача на режим спојнице и обратно о коме ће у даљем тексту рада бити више речи.

2. ИЗБОР КОНЦЕПЦИЈЕ РЕШЕЊА

Хидраулични систем за управљање хидродинамичким преносником (слика 2) се састоји од

пнеуматски управљаног разводника и центрифугално управљаног разводника.

Промена степена преноса у преноснику, при којој се прелази са режима претварача на режим спојнице и обратно, врши се аутоматски на основу брзине возила и степена пуњења мотора. Ту функцију обавља центрифугално управљан разводник. Позиција клипа поменутог разводника зависна је од броја обртаја излазног вратила преносника и степена пуњења мотора

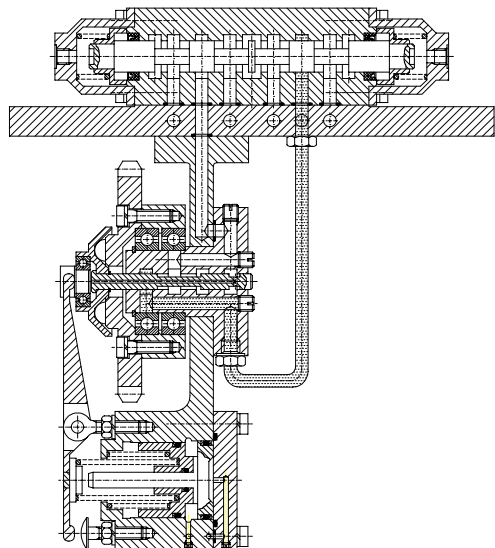
¹ Миодраг Јованчић, дипл.инг. ИХП ППТ ИРЦ, Трстеник, Цара Душана 101

² Војкан Лучанин, ванр.проф. Машински факултет, Београд, 27.марта 80

³ Милан Плавшић, дипл.инг. Институт "Кирило Савић", Београд, Војводе Степе 51

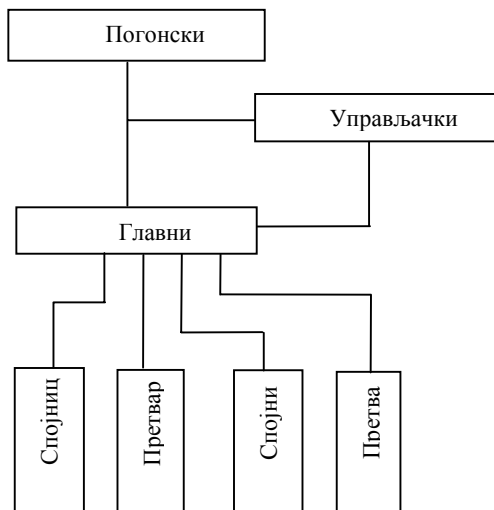
* Рад је резултат истраживања у оквиру пројекта МИС 3.07.0039Б финансираног од стране МНТР Србије

[3]. Померањем клипа улево (слика 2) уље под притиском пролази кроз разводник и преко пнеуматски командованог разводника улази у командну комору главног разводника када се укључује у рад хидрауличка спојница. Систем омогућује прелазак на режим рада претварача независно од примене аутоматике ако зато постоје разлози.



Слика 2. Аутомат са центрифугалним разводником, нулти положај

Разводником може да се командује довођењем управљачког притиска чиме се остварује кретање напред или назад. Командне пнеуматске импулсе даје машиновођа. Уље под притиском одлази у командну комору главног разводника и активира претварач (слика 3).



Слика 3. Блок шема система хидрауличког преносника

3. ДИНАМИКА СИСТЕМА

За опис једног система у техници флуида пре свега стоје на располагању следећи закони:

- закон одржања масе,
- једначина кретања,
- закон одржања енергије,

- компресибилност материје.

Ако посматрамо континуалну промену брзине локомотиве која представља улазну величину у систему регулације степена преноса, можемо поставити следеће захтеве:

- ефикасност регулације степена преноса са минималним кашњењем,
- довољна резерва стабилности рада система,
- грешка система управљања у оквиру задате толеранције.

Кретање клипа центрифугално управљаног разводника може да се опише следећом једначином:

$$m_1 \cdot \ddot{x} + R_{v1} \dot{x} + C_1 \cdot K_1 \cdot x = m_2 \cdot R \cdot \omega^2 \quad (1)$$

где је:

- m_1 - маса клипа
- R_{v1} - коефицијент вискозног трења
- C_1 - крутост опруге
- K_1 - преносни однос полужја
- m_2 - маса кугли
- R - растојање кугли од осе ротације
- ω - угаона брзина кугли

У једначини (1) улазна величина је нелинеарног карактера па зато промену броја обртаја треба посматрати у ужем опсегу да би се применила линеарност.

Проточна карактеристика поменутог разводника описује се једначином:

$$\dot{V}_L = K_V \cdot K_A \cdot X \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{P_S \left(1 - \frac{P_L}{P_S}\right)} \quad (2)$$

где је:

- \dot{V} - запремински проток кроз разводник завистан од позиције клипа и притиска у систему
- K_V - коефицијент протока
- K_A - константа зависна од проточне површине
- ρ - густина радног флуида
- P_S - притисак напајања
- P_L - притисак оптерећења

Једначину (2) линеаризујемо на следећи начин:

$$\dot{V}_L = K_V \cdot X - \sigma \cdot P_L \quad (3)$$

где је:

$$K_V = \left. \frac{\partial \dot{V}_L}{\partial X} \right|_{P_L=c} \quad K_P = \left. \frac{\partial P_L}{\partial X} \right|_{V_L=c}$$

$$\sigma = \left. \frac{\partial \dot{V}_L}{\partial P_L} \right|_{X=c} = \frac{K_V}{K_P}$$

једначина кретања клипа главног разводника је:

$$m_3 \ddot{y} + R_{v3} \dot{y} + c_3 y = P_L \cdot A \quad (4)$$

где је:

m_3 - маса клипа

R_{V3} - коефицијент вискозног трења

C_3 - крутост опруге

A - површина чела клипа

Једначина континуитета је:

$$\dot{V}_L = A \cdot \dot{y} + K_L \cdot P_L + \frac{V_t}{B} \cdot \frac{dP_L}{dt} \quad (5)$$

где је:

K_L - коефицијент цурења корз зазоре

V_t - запремина флуида под притиском оптерећења

B - модул компресибилности радног флуида

Превођењем једначина (3), (4) и (5) у комплексно подручје добијамо:

$$\left[\frac{m_3 A^2}{c_3 A^2 + R_V (K_L + \sigma) c_H + c_H A^2} s^3 + \frac{R_V A^2 + m_3 (K_L + \sigma) \cdot c_H}{c_3 A^2 + R_V (K_L + \sigma) c_H + c_H A^2} s^2 + s + \frac{c_3 (K_L + \sigma) \cdot c_H}{c_3 A^2 + R_V (K_L + \sigma) c_H + c_H A^2} \right] \cdot y = \frac{c_H \cdot A \cdot K_V}{c_3 A^2 + R_V (K_L + \sigma) \cdot c_H + c_H A^2} \cdot X \quad (6)$$

или

$$(a_3 \cdot s^3 + a_2 \cdot s^2 + a_1 \cdot s + a_0) \cdot y = K_K \cdot X \quad (7)$$

где је:

$$a_3 = \frac{1}{\omega_0^2}; \quad a_2 = \frac{2D}{\omega_0}; \quad a_1 = 1$$

$$D = \frac{1}{2} \cdot \frac{\left[R_V + \frac{m_3 (K_L + \sigma)}{A^2} \cdot c_H \right] \sqrt{m_3 \left[c_3 + \frac{R_V (K_L + \sigma)}{A^2} + c_H \right]}}{m_3 \cdot c_3 + \left[\frac{R_V (K_L + \sigma)}{A^2} + 1 \right] \cdot m_3 \cdot c_H} \quad (9)$$

За стабилан пренос сигнала превасходни утицај имају:

- фактор пригушења (D)

- кружна фреквенција непригушене регулације (ω_0)

- појачање система (K_K)

Повољним избором поменутих параметара можемо да остваримо довољну резерву стабилности.

4. ЗАКЉУЧАК

Анализа динамике система показује које физичке величине релевантно утичу на пренос сигнала. Полазећи од тих чињеница можемо бирати оптималне карактеристике центрифугално управљаног разводника и главног разводника. Посебно треба ускладити величину маса које стварају инерцијално

$$\dot{V}_L = K_V \cdot X - \sigma \cdot P_L$$

$$m_3 \cdot s^2 \cdot y + R_{V3} \cdot s \cdot y + c_3 \cdot y = P_L \cdot A$$

$$\dot{V}_L = A \cdot s \cdot y + K_L \cdot P_L + \frac{V_t}{B} \cdot s \cdot P_L$$

Уводећи појам хидрауличне крутости

$$C_H = \frac{B A^2}{V_t} \text{ и елиминацијом } \dot{V}_L \text{ и } P_L \text{ добијамо}$$

основну једначину за пренос сигнала:

ω_0 - кружна фреквенција непригушене сопствене осцилације

D - фактор пригушења

Из једначине (6) сређивањем израза добијамо:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{c_3 + c_H}{m_3} + \frac{R_V (K_L + \sigma)}{m_3 \cdot A^2}} \quad (8)$$

силу да би укупно појачање система (K_K) било у дозвољеним границама.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дајчин, А., Примена електрохидрауличких управљача у машиноградњи", ОМО, Београд, 1985.
- [2] Backf, W., Servohydraulik, Institut, für hydraulische und steuerungen, Aachen, 1984.
- [3] Давидовић, Б, Лучанин, В Хидродинамички преносници за железничка возила, Машински факултет, Београд, 2001.

HYDRODYNAMICS TRANSMISSIONS CONTROL HYDRAULIC SYSTEM

Miodrag Jovančić, Vojkan Lučanin, Milan Plavšić

Abstract – *In the present paper is described the hydraulic system for control with 440 kW nominal power*

turbotransmission for shunting locomotive. Particularly is specified dynamics of regulation system for changing gear ratio at whom is overshoot from converter on to coupler regime and vice versa.

Key words – *railway, railway vehicles, hydrodynamics transmission, control*

IZBOR ČELIKA ZA NOSEĆE KONSTRUKCIJE SA ASPEKTA KRTOG LOMA¹

Miomir Jovanović², Sreten Ristić³

Rezime: Rad ima za cilj da ukaže na kompleksnost projektovanja i izrade noseće čelične konstrukcije bezbedne od pojave krtoq i stepenastog loma. Iznete su osnove projektantskog pristupa mehanizmu krtoq i stepenastog loma. Takodje su izneti uslovi pod kojim se javlja krtoq i stepenasti lom. Ukazuje se na žilavost materijala kao svojstva za sprečavanje krtoq loma, na svojstvo kontrakcije materijala u pravcu debljine limova i defekate u materijalu kao uzročnike stepenastog loma.

Ključne reči: Krtoq lom, stepenasti lom, napon žilavosti, žilavost

1. UVOD

Dimenzionisanje noseće čelične konstrukcije vrši se na bazi teorije elastičnosti pri čemu se zahteva dokaz da su računski naponi manji od dozvoljenih napona. Međutim, iz prakse je poznato da je do loma čelične konstrukcije dolazilo i onda kada su računski naponi bili ispod dozvoljenih napona, jer su stvarni naponi prevazilazili čvrstoću materijala. Računski naponi se dobijaju na osnovu pretpostavke da je čelik homogen, izotropan i linearno elastična kontinualna materija. U suštini čelik je kao i svaki drugi materijal sa kristalnom rešetkom, nejednake materijalne homogenosti – anizotropan. U strukturi čelika prisutni su različiti uključci, šupljine i prsline. Unutrašnji mikro i makro uticaji stvaraju prerspodelom energije, lokalno naponsko stanje. Lokalni napon, koji sadrži napon od spoljašnjeg opterećenja i unutrašnji napon, pod određenim uslovima može da naraste iznad zatezne čvrstoće i dovede do stvaranja i/ili širenja prsline. Kada prsline poraste toliko da napon u celom preseku dostigne vrednost zatezne čvrstoće, dolazi do loma elementa. Međutim, ako je žilavost materijala odgovarajuća, dolazi do ojačanja materijala na vrhu prsline i sprečavanja daljeg razvoja prsline i loma. U teoriji su poznate tri vrste loma i to: žilavi lom, žilavo - krtoq lom i čisto krtoq lom. Pri žilavom lomu energija se troši na razvoj plastične deformacije koja se razvija u toku procesa loma i koja predhodi lomu. Kod čisto krtoq loma nema plastične deformacije - energija se troši samo na razvoj prsline do njene kritične dužine, a lom se odvija bez dodatnog utroška energije. Kod žilavo - krtoq loma, energija se troši delimično na razvoj plastične deformacije a delimično na razvoj prsline.

Krtoq lom konstrukcije zahteva prisustvo prsline i dovoljnu količinu energije koja će izazvati porast prsline do njene kritične vrednosti. Defekti u materijalu su dvoplatnost, makro segregacije i nečistoće. Defekti u zavaru su šljaka ili prsline na prelazu vara u osnovni materijal. U slučajevima analiziranih lomova, pokazalo se da žilavost materijala nije bila dovoljna da spreči pojavu prsline, ili njen dalji razvoj. To znači, da je žilavost bitna

karakteristika materijala. Zato pri projektovanju noseće konstrukcije, od opštih konstruktivnih čelika, definisanih standardom JUS C.B0.500 iz 1989. godine, izbor čelika treba vršiti ne samo na osnovu računskih napona, već i na osnovu opasnosti od krtoq loma, odnosno na bazi žilavosti. Izbor čelika prema žilavosti vrši se na osnovu standarda JUS U.E7.010 iz 1988. godine.

Danas se problematikom loma bavi mehanika loma koja omogućuje da se na pouzdan način odredi kritična veličina greške tipa prsline koja, kada se dostigne, dovodi do loma usled nestabilnog širenja prsline. To ukazuje da je nekompletno dimenzionisanje nosećih struktura samo na bazi granice razvlačenja uz primenu stepena sigurnosti već se mora uključiti i saznanje o greškama materijala (potencijalnim prslinama) i žilavosti loma što je donekle u daljem tekstu prikazano.

2. OSOBINE KRTOG LOMA

Uvodjenje zavarenih konstrukcija u praksu dovelo je do češćih pojava lomova pa i havarija koje su manje svojstvene konstrukcijama spajanih zavrtnjima i zakivcima. Uočena pojava je karakteristična za zavarene neumirene čelike ali je kompleksnije prirode jer na nju utiču i drugi faktori. Krtoq lom se definiše kod nosećih struktura lomom u elastičnom području deformacija bez prisustva znakova plastičnosti. Površine preloma su glatke bez promena na kristalima kao kod preloma stakla. Krtoq lom može da nastupi i pri manjem opterećenju od dozvoljenog usled drugih uticaja. Obzirom da lom strukture nije praćen vidljivom deformacijom tečenja, iznenadno nastupa i predstavlja opasnost za konstrukciju. Glavni uzroci pojave krtoq loma su: naponsko stanje, brzina unošenja opterećenja u konstrukciju, temperaturni uslovi, metalurške osobine čelika [2] i tehnologija prerade.

Naponsko stanje koje uzrokuje krtoq lom podrazumeva uvećanje ukupnog napona u materijalu usled nagomilavanja šavova na jednom mestu ili izvodjena zavarenih spojeva sa položajima osetljivim na nagomilavanje napona. Uvećanje ukupnih napona karakteristično je za debele limove kod kojih se javlja izrazito naponsko stanje u tri pravca od unutrašnjih toplotnih naprezanja.

¹ MIS. 3.07.0079.A Project MNT Srbije 2002.

² Dr Miomir Jovanović, redovni profesor, Mašinski fakultet Niš, Beogradska 14, 18000 Niš, e-mail: m.jovanovic@bankerinter.net

³ Sreten Ristić, dipl.inž, MIN Niš

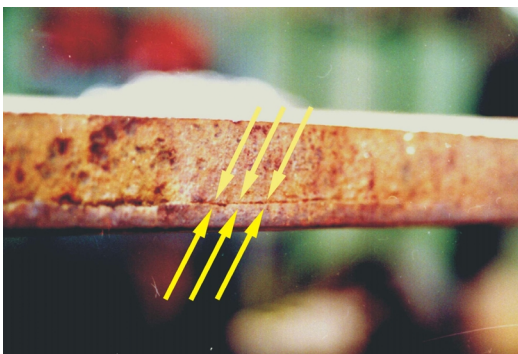
Defekti u materijalu kojih najviše ima u debelim limovima, u zavarenim spojevima i njihovoj neposrednoj blizini (zbog uticaja toplote), dovode do preraspodele ukupnih napona tako da lokalni naponi mogu da prevazidju napon zatezne čvrstoće.

Drugi faktor krtog loma je udar koji lako izazove porast napona u materijalu. Zato se zavareni spojevi postavljaju na udaljenim i manje osetljivim mestima konstrukcija. Udar dovodi do krtog loma samo uz prisustvo drugih uticaja kao što su temperaturni i metalurški.

Sniženje radne temperature vodi znatnom riziku od krtog loma. Kod nosećih konstrukcija železničkih vozila, krti lom se može pojaviti usled turbulentnog strujanja vazduha i rashladjenja do temperatura od -50°C pa i nižih.

Krti lom nastaje usled pada udarne žilavosti i unutrašnjih sila u kristalnoj rešetci materijala izazvanih zadržavanjem atoma ugljenika u kristalnoj rešetci pri hladjenju. Usled sprečene difuzije ugljenika iz kristalne rešetke narasta unutrašnje naponsko stanje. Ispitivanje udarne žilavosti (standard JUS EN 10045-1 iz 1993. godine), pokazalo je strmo smanjenje specifičnog rada potrebnog za lom probnog uzorka. Temperatura na kojoj udarna žilavost materijala ima vrednost 27 J, naziva se prelaznom temperaturom materijala T_p . Sniženje radne temperature povećava sklonost ka krtom lomu. Temperatura krtog loma T_{KL} je ona temperatura posle koje materijal naglo prelazi iz žilavog u krti lom. Normalizacijom čelika spušta se temperatura krtog loma dok se povećanjem ugljenika u čeliku ova temperatura povišava. Metalurški izvori krtog loma su u nesavršenosti atomskog sklopa materijala, smetnjama u izlučivanju unutar (na granicama) kristala i izražene krupnozrnaste strukture materijala. Pojavu krtog loma mogu usloviti jake nečistoće u hemijskom sastavu materijala i nemetalni uključci. Radi toga je sastavni deo proizvodnje profila i limova, kontrola prisustva fosfora, sumpora i azota.

Tehnološki uzroci krtog loma izazvani tehnologijom valjanja i zavarivanja su greške u materijalu i zavarenim spojevima i stvaranje unutrašnjih napona u materijalu. Slika 1 pokazuje dvoplatnost - grešku valjanja.



Slika 1. Dvoplatnost - slojevitost uzorka

3. IZBOR ČELIKA SA ASPEKTA KRTOG LOMA

Odgovornost izbora materijala sa aspekta krtog loma uslovlila je primenu međunarodnih i nacionalnih propisa. Osnova važećih standarda izbora materijala za noseće čelične konstrukcije su dve metode: metoda *Bierett*-a i

metoda *Kloppel*-a.

Metoda *Bierett*-a koristi tri parametra za izbor materijala: naponsko stanje zavarene konstrukcije, moguću eksploatacionu temperaturu i debljinu ugrađenog materijala. Metoda koristi parametar stepena opasnosti od pojave krtog loma L koji se određuje iz jednačine $L=K \cdot Z \cdot N$. U jednačini, K je faktor konstrukcije koji definiše sklonost konstruktivnog oblika prema lomu. Z je faktor značaja dela konstrukcije na postojanje cele zavarene konstrukcije i njenu funkcionalnu sposobnost. N je faktor naprezanja koji uvodi brzinu unošenja opterećenja na pojavu krtog loma.

Metoda *Kloppel*-a koristi postupak sabiranja poena (ponderisanje) za procenu faktora pojave krtog loma. Uvedeno je sedam kategorija uticaja koji se pojedinačno vrednuju sa 3 do 5 poena tako da maksimalan zbir poena Z može biti 31. Pri tome se vrednuje: Prisustvo sadejstva radnih i unutrašnjih napona, stepen naponskog iskorišćenja materijala definisan na bazi dozvoljenog napona, osetljivost podužnih šavova u izradi, debljina zavarenih elemenata, deformacije spoja u hladnom stanju, temperatura radne sredine, stepen štete. Svaki uticaj je detaljno razradjen i precizno se procenjuje. Na bazi procenjenih zahteva definisanih zbirnim brojem poena Z , iz tabele za različite kvalitete zavarivosti osnovnog materijala bira se odgovarajući čelik. Tabela definiše četiri kategorije materijala u pogledu kvaliteta zavarivosti. Opšte je pravilo da se neumireni čelici mogu upotrebiti za konstrukcije neosetljive na prslina (elementi izloženi pritisku). U slučaju prolaska šavova kroz zonu segregacije, ugrađuju se umireni čelici. Kod eksploatacije čelika na niskim temperaturama koriste se grupe čelika specijalno umirenih.

Metoda *Kloppel*-a uticala je da se izvrši klasifikacija zavarenih čeličnih nosećih konstrukcija u pogledu šteta izazvanih krtim lomom. Međunarodni Institut za zavarivanje (IIW) klasifikovao je zavarene čelične konstrukcije u četiri klase opasnosti od krtog loma. Najveću opasnost ima klasa I sa ponderisanim vrednostima $N > 22$, zatim klasa opasnosti II sa vrednostima $14 < N < 22$, klasa III sa vrednostima $8 < N < 14$ i klasa IV sa vrednostima $N \leq 8$. Klasa I se odnosi na elemente veoma opterećene statičkim i dinamičkim uticajima, konstrukcije čija ispravnost prevazilazi sve ekonomske razloge, konstrukcije velikih mostova, dizalica, delovi brodova, sudovi pod pritiskom, kotlovi, noseće konstrukcije železničkih vozila. Klasu II čine konstrukcije srednjeg značaja, dok naponska stanja nisu izrazita ni višeosna, šavovi manje složenosti. U klasu III spadaju jednostavne konstrukcije manje složenosti, elementi većih debljina i manje naponske složenosti, elementi koji se mogu nakon pojave prslina popravljati. Grupu IV čine konstrukcije, male složenosti, izradjene od mekog čelika, malih debljina.

U krajnjem slučaju, metoda *Bierett*-a i metoda *Kloppel*-a, dovode približno do izbora čelika iste otpornosti na krti lom. Preporuke DAST-Richtlinie 009 koriste metode *Bierett*-a i *Kloppel*-a, a TGL 12910 metodu *Bierett*-a. Naš standard JUS U.E7.010 koristi metodu *Bierett*-a.

Na bazi parametara K , Z i N izračunava se faktor opasnosti od krtog loma L iz jednakosti $L=K \cdot Z \cdot N$. Pri tome se prema odgovarajućoj situaciji za faktor K uzimaju vrednosti 1.0; 1.4 ili 2.0; za faktor Z vrednosti 0.5; 07 ili 1.0; a za faktor N vrednosti 1.0 ili 1.4. Dobijene vrednosti za L se zaokružuju na najbližu od sledećih vrednosti: 2.8;

2.0; 1.4; 1.0; 0.7 ili 0.50. Radna temperatura na jugoslovenskom prostoru uzima se u dva opsega za faktor L i to: $-10^{\circ}\text{C} \geq T \geq -25^{\circ}\text{C}$ i $T > -10^{\circ}\text{C}$. Na osnovu faktora opasnosti od krtog loma, radne temperature i debljine materijala (na bazi računskog napona) iz tabele se očitava: 0-slobodno; 1-neumiren; 1-umiren; 2 ili 3. Tabela ima tri dela. Prvi deo je od naprezanja od zatezanja i zatezanja od savijanja, drugi deo je za naprezanje od pritiska i pritiska pri savijanju i treći deo je od naprezanja od hladne deformacije. Ako se iz tabele pročita 0-slobodno; 1-neumiren ili 1-umiren, usvaja se odgovarajući čelik iz standarda JUS C.B0.500, za koji se garantuje propisana žilavost na $+20^{\circ}\text{C}$. Ako se pročita 2, garantuje se propisana žilavost na $\pm 20^{\circ}\text{C}$, a ako se pročita 3, na -20°C .

Treba imati u vidu da se za noseće čelične konstrukcije nesmeju da koriste debljine limova za koje nije propisana žilavost ili ako nema dokaz žilavosti.

4. PRSLINE U MEHANICI LOMA

U mehaničkom smislu prslinom se opisuje singularno polje napona i deformacija u okolini vrha prsline, izraženo faktorom intenziteta napona K [1]. K faktor definiše intenzitet singulariteta. Kod monotono rastućeg naprezanja, mala prslina dimenzije a , u zoni najviših napona, polazište je statičkog loma. Ova pojava je tipična za konstrukcione čelike kada faktor intenziteta naprezanja K_1 dostigne kritičan nivo K_{1C} . Faktor intenziteta naprezanja K_1 , definisan relacijom 4.1 [3], određuje se po Irwin-ovom⁴ na bazi grance razvlačenja R_E i faktora oblika prsline $Y(a) \geq 1$. Faktor $Y(a)$ određuje se na bazi oblika, dužine i vrste prsline.

$$K_1 = \sigma^+ \cdot \sqrt{\pi \cdot a \left[1 + 0.08 \cdot \left(\frac{\sigma^+}{R_E} \right)^2 \cdot Y(a)^2 \right] \cdot Y(a)} \quad (4.1)$$

Faktor K_{1C} kao osobina materijala definiše se kao **žilavost loma** i ima dimenziju $\text{N/mm}^{3/2}$. σ^+ (5) je radni zatezni napon u materijalu. Faktor žilavosti loma zavisi od vrste legure, finoće strukture rešetke i temperature naprezanja. Kada je $K_1 < K_{1C}$, materijal oko prsline se ponaša stabilno - bez uvećanja prsline. Kada se dostigne i prekorači kritična vrednost $K_1 \geq K_{1C}$, energija deformacije nagomilana oko vrha prsline se pretvara u površinsku energiju te uslovljava deformacioni rad u nestabilnoj zoni. Prslina se tada kod čelika širi brzinom od 2000 m/s. To uzrokuje rastavni lom. Prepoznaje se pod

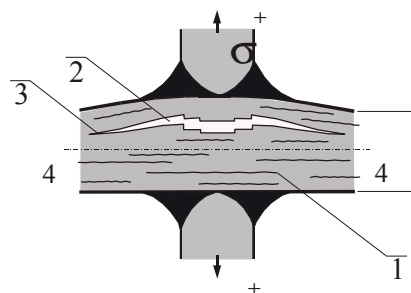
⁴ Irwin, G.R: Fracture in: Handbuch der Physik, Bd. 6, pp. 551-590. Springer-Verlag, Berlin, 1958.

(5) Negativni - pritiski naponi σ^- monotono rastućih naprezanja zatvaraju prslinu te se prslina ne uvećava. Međutim ukoliko vrednost pritiska postane toliko velika, materijal može prsnuti paralelno sa pravcem vektora σ^- . Kod velike sklonosti ka krtom lomu, to se dešava u elastičnom području već sa vrednostima kritičnog napona pritiska: podnosivo (σ^-)=podnosivo ($\sigma^+/0.30$). Prefiks "podnosivo" označava kritične vrednosti koje uzrokuju lom. Kod žilavih čelika sa velikom sposobnošću plastične deformacije, poprečni krti lom nastaje posle plastične deformacije sa kritičnim naponom (σ^-)=podnosivo ($\sigma^+/0.50$).

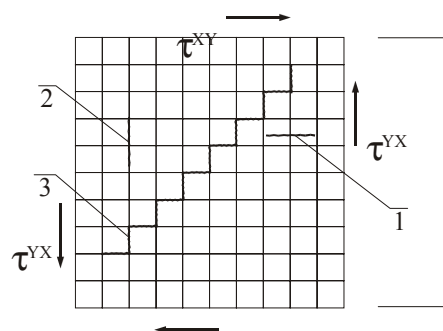
mikroskopom, po sačastoj strukturi a makroskopski po hrapavoj mat površini. U specijalnom slučaju kada je žilavosti loma vrlo niska, pri velikoj dužini prsline, lom nastaje ranije - pri $\sigma^+ < R_E$, dakle bez ikakve plastične deformacije. Takav lom nastao iz elastične deformacije naziva se **krti lom**.

5. STEPENASTI LOM

Poseban oblik krtog loma je **stepenasti krti lom** karakterističan za zavarene noseće čelične konstrukcije. Javlja se kod čelika sa povećanim sadržajem mangana i sumpora koji su izdvojeni unutar slojevite strukture čeličnog lima i pri naprezanju elemenata u pravcu debljine. Krti slojevi mangan sulfida se obrazuju paralelno sa ravni valjanja. Pojava slojeva mangan sulfida umanjuje elastične osobine čelika, smanjuje čvrstoću R_M i žilavost čelika u pravcu debljine. Pad mehaničkih osobina čelika je toliko veliki, da sami unutrašnji naponi uzrokovani tehnologijom zavarivanja, dovode do stepenastog krtog loma. Slika 2 pokazuje izgled stepenastog loma. Propisi DAST - Richtlinie 014 definišu preporuke za izbegavanje stepenastih lomova. Dubinsko odklanjanje sumpora je najdelotvornije za odklanjanje stepenastog loma pri čemu se dobije struktura sa kontrakcijom poprečnog preseka pri lomu $Z_D \geq 35\%$. Indeks "D" utvrđuje pravac opterećenja u pravcu debljine limova. Taj kvalitet se u skladu sa DIN EN 10164 posebno ugovara kod porudžbine i poznat je kao "Z" - kvalitet.



Slika 2. Stepenast lom usled zatezanja. Krajevi stepenaste površine su zakrivljeni u vidu ljuske - ljuskasti lom usled stepenastog loma. Pozicija 1-linije mangan sulfida, 2-stepenast lom, 3-ljuskast lom, 4-ravan valjanja.



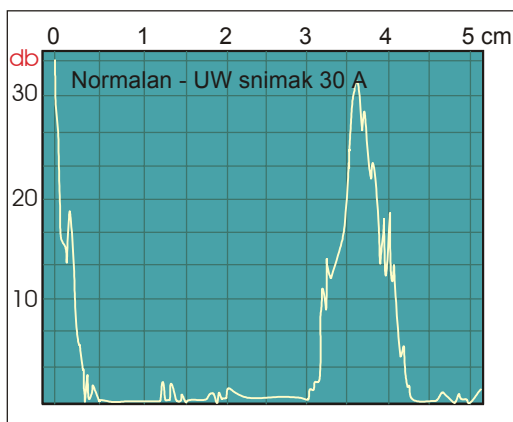
Slika 3. Stepenast lom usled smicanja: 1-horizentalna parcijalna prslina, 2-vertikalna parcijalna prslina, 3-magistralna prslina usled smicanja

Ne treba pomešati stepenasti lom od zatezanja i stepenasti lom od smicanja, slika 3. Prslina je kod krtog loma izazvanog zatezanjem uvek samo jedna jer se naponi generišu u samo jednom delu kontinuuma - u zoni vrha

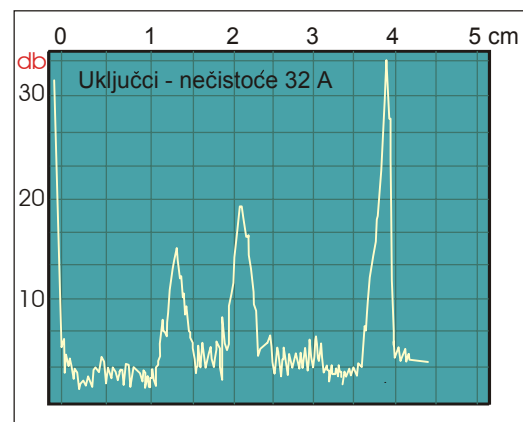
prsline. Kod krtog loma izazvanog u zoni visokih glavnih napona, sav kontinuum je izložen jednako smicajnim naponima. To uslovljava pojavu više tačaka u kojima nastaju male nezavisne prsline. Monotono rastuće smicanje uvećava prsline koje se u kasnijoj fazi ujedinjuju u jednu magistralnu prslinu, slika 3. Površina loma te magistralne prsline usled smicanja ima klizno-ljuspasti oblik sa glatkom površinom smicanja. Magistralna površina smicajnog loma uvek se formira u ortogonalnim ravnima kritičnog naprezanja. U ekstremnim slučajevima to je stepenasto izlomljena linija magistralne prsline tako da prslina leži u obe ortogonalne ravni.

6. ULTRAZVUČNO ISPITIVANJE DISKONTINUITETA

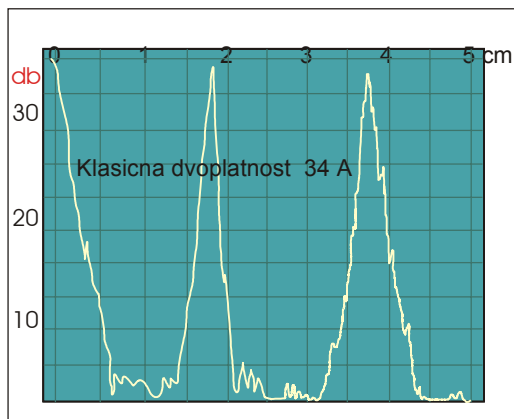
Za povećanje sigurnost od krtog loma propisuje se klasa lima ispitivanog ultrazvukom (JUS C.A7.061 iz 1992. godine) po celokupnoj površini i po ivičnim zonama



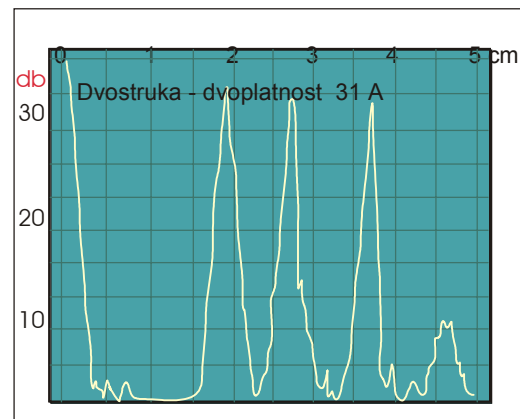
Slika 4. Uzorak bez defekata



Slika 5. Uzorak sa uključcima i nečistoćama



Slika 6. Uzorak sa dvoplatnošću



Slika 7. Dvostruka dvoplatnost

7. ZAKLJUČAK

Krti lom je opasan jer se ne najavljuje vidljivim promenama na strukturi - kontrakcijom materijala. Rizik pojave krtog loma, smanjuje se pažljivim izborom čelika i konstruktivnim oblikovanjem sa malo geometrijskih ureza - koncentrata. Krti lom nastupa kada se ispuni više uslova: kada u materijalu postoji greška tipa prsline, kada lokalni napon (od spoljašnjeg i unutrašnjeg opterećenja) na vrhu prsline pređe zateznu čvrstoću i kada temperatura okoline bude toliko niska da žilavost materijala ne bude dovoljna da spreči dalji razvoj prsline. Poseban oblik stepenastog krtog loma nastaje ako su ispunjeni prethodni uslovi i ako je

imajući u vidu najmanju veličinu greške koja se uzima u obzir, najveću dozvoljenu veličinu greške i dozvoljenu učestalost greške. Primer takvog zahvata je eksperimentalno ispitivanje dvoplatnosti čeličnog lima debljine 38 mm u MIN-u. Ispitivanje je izvedeno ultrazvučnom metodom, aparatom Krautkramer-Branson USK-7S. Primenjena je sonda B2S-N učestalosti 2 MHz. Slika 4 pokazuje normalan odgovor ultrazvučnog signala na gornjoj i donjoj površini lima. Na ordinati je jačina signala u db. Na apsisci dubina prozračivanja. Na slici 5 pokazan je snimak uzorka sa uključcima u vidu šljake na dubini 15 i 25 mm. Na slici 6 pokazana je dvoplatnost na dubini 18 mm, dok je na četvrtom uzorku utvrđena višestruka dvoplatnost, slika 7. Dvoplatnost se kod ultrazvučnog ispitivanja indikuje odbijanjem talasa o površinu sloja unutar materijala. Tako se pojavi skok u signalu na svakom mestu materijalnog diskontinuiteta usled prisustva unutrašnjih površina.

kontrakcija materijala u pravcu debljine manja od kontrakcije za sprečavanje razvoja prsline.

Izbor odgovarajućeg materijala za noseće čelične konstrukcije od opštih konstrukcionih čelika treba vršiti ne samo po kriterijumu računskih napona već i pri kriterijumu opasnosti od krtog loma. Zato treba istovremeno koristiti standarde JUS C.B0.500 i JUS U.E7.010. Za izbegavanje stepenastih lomova nema domaćih standarda pa treba koristiti odgovarajuće inostrane propise kao na primer: DAST- Richtlinie 014, SEL 096 i DIN 8524 deo 3.

Iako se standard JUS U.E7.010 ne odnosi na šinska vozila treba ga koristiti do donošenja odgovarajućeg standarda.

LITERATURA

- [1] Čulafić, V.V.: UVOD U MEHANIKU LOMA,
- [2] Univerzitet Crne Gore, Podgorica 1999.
- [3] Neumann,A., Scweisstechnisches Handbuch fur
- [4] Konstrukteure, Teil 1-3, Veb Verlag Technik,
- [5] Berlin 1961.
- [6] Werner Warkenthin: TRAGWERKE DER
- [7] FORDERTECHNIK-1, Verlag Vieweg, Wiesbaden, 1999. str.26-28.
- [8] STAHL – EISEN LIEFERBEDINGEN 072 /1977.
- [9] EC 3 Proračun čeličnih konstrukcija, D 1.1,
- [10] Gradjevinski fakultet Beograd, 1995.
- [11] Čelične konstrukcije - Propisi 1-3, Gradjevinski
- [12] fakultet Beograd 1995.
- [13] DAST- Richtlinie 014,
- [14] Milosavljević, Radojković, Kuzmanović: OSNOVI
- [15] ČELIČNIH KONSTRUKCIJA, Beograd 1978.
- [16] Ristić S.: Krti lom i propisi, JUS – standardizacija
- [17] Časopis, 3-4, Beograd, 1987.

STEEL SELECTION FOR SUPPORTING STRUCTURES FROM THE BRITTLE FRACTURE VIEWPOINT

Miomir Jovanović, Sreten Ristić

Summary: *The aim of the paper is to point the complexity of supporting structure design as well as its production safe of brittle and stepped-line fracture incident. The basic design mechanism of brittle and stepped-line fracture are shown. The conditions for brittle and stepped-line fracture are also presented. The toughness of the material for brittle fracture prevention is explained. The feature of steel contraction in the direction of tin thickness and defects of steel continuum as the cause of stepped-line fracture are explained as well.*

Key words: *Brittle fracture, stepped-line fracture, toughness, stress toughness*

ПРИМЕНА ЛЕНОАРОВОГ АМОРТИЗЕРА НА ВУЧНОМ ВОЗИЛУ

С. Стојичић¹, М. Манчић²

Анстракт: Мирноћа хода шинских возила је једна од њихових најбитнијих карактеристика. На мирноћу хода возила утиче неколико система. Систем који највише утиче на мирноћу хода возила је систем огибљења. Поменути систем има улогу да пренесе и пригуши осцилације са возила на пругу и обрнуто. У раду је изложена примена “Lenoir”-овог амортизера на вучном возилу и дата комплетна анализа динамичких дејстава на систем.

Кључне речи: мирноћа хода, огибљење дресине, суво трење, амортизер

1. УВОД

Огибљење возила смањује утицаје удара који се преко точкова преносе на сандук, а такође и гушење осцилација које се јављају при кретању возила.

Рационална конструкција и правилан рад огибљења је од веома великог значаја за нормалну експлоатацију возила и колосека. Смањењем динамичких дејстава точкова на шине, као резултат бољег огибљења, смањују се напрезања у осовинама, лежиштима, постољу и у осталим носећим елементима возила.

Код кретања огибљених возила вертикални удари на сандук се смањују и ублажују јер елементи за огибљење примају на себе део кинетичке енергије, те се тиме добија мирнији ход возила. Интезитет осцилација возила зависи од еластичних особина система за огибљење. У пракси се као еластични елементи за огибљење примењују: завојне опруге, лиснати гибљеви, гумени елементи итд.

Данас се као еластични елемент широко примењују опруге, углавном цилиндричне. Основни недостатак цилиндричних опруга је скоро потпуно одсуство сила трења, неопходних за остварење стабилног режима у моменту појаве осцилација са максималним амплитудама. У систему огибљења, због наведеног недостатка неопходни су посебни уређаји за гушење осцилација (амортизери).

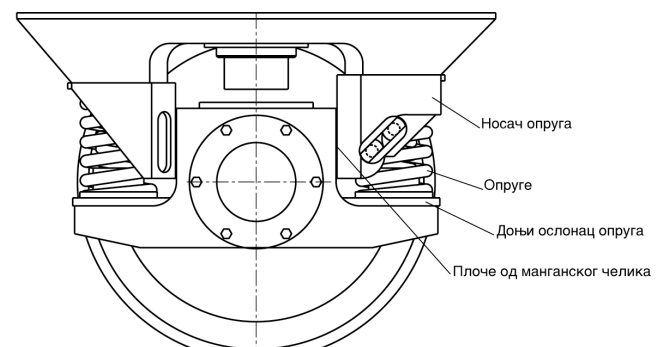
2. LENOIR-ов АМОРТИЗЕР

Све амортизере можемо поделити у две основне групе:

- фрикционе;
- хидрауличне.

“Lenoir”-ов амортизер (сл. 1) спада у групу фрикционих амортизера који користе силу трења

између додирних површина за стварање сила отпора које пригушују осцилације. “Lenoir”-ов амортизер се састоји од носача опруга, алке, комплета опруга, доњег ослонаца опруга и манганске плоче. Принцип рада овог амортизера је следећи: у слободном простору носача изнад опруге огибљења смештено је тело амортизера. У телу амортизера смештана је опруга и покретни део, који је притиснут опругом уз фикциону плочу која се налази на раму постоља возила. Трењем између манганских плоча осцилације које се јављају услед кретања возила претварају се у топлотну енергију и на тај начин се и врши њихово пригушење. “Lenoir”-ов амортизер најчешће се примењује код огибљења теретних вагона.



Сл. 1. “Lenoir”-ов амортизер

Међутим, за потребе железнице производе се и вучна возила специјалне намене која немају велику тежину, носивост и брзину кретања. Обзиром да се “Lenoir”-ов амортизер показао као врло ефикасан на огибљењима теретних вагона, чија укупна маса може бити и 90 тона, а брзина кретања и преко 100 km/h, исти је примењен и на новом типу вучног возила.

¹ Срђан Стојичић, дипл. маш. инг., пројектант, МИН Холдинг Ко. АД “Локомотива”, Сектор за развој и пројектовање, Шумадијска 1, 18000 Ниш, e-mail: lokomotiva@bankerinter.net

² Милан Манчић, дипл. маш. инг., пројектант, МИН Холдинг Ко. АД “Локомотива”, Сектор за развој и пројектовање, Шумадијска 1, 18000 Ниш, e-mail: lokomotiva@bankerinter.net

3. ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ДРЕСИНЕ TMD-22 DC

Укупна маса сваког железничког возило па и дресине TMD-22 DC састоји се од:

- огибљеног дела масе и
- неогибљеног дела масе (сл. 2).

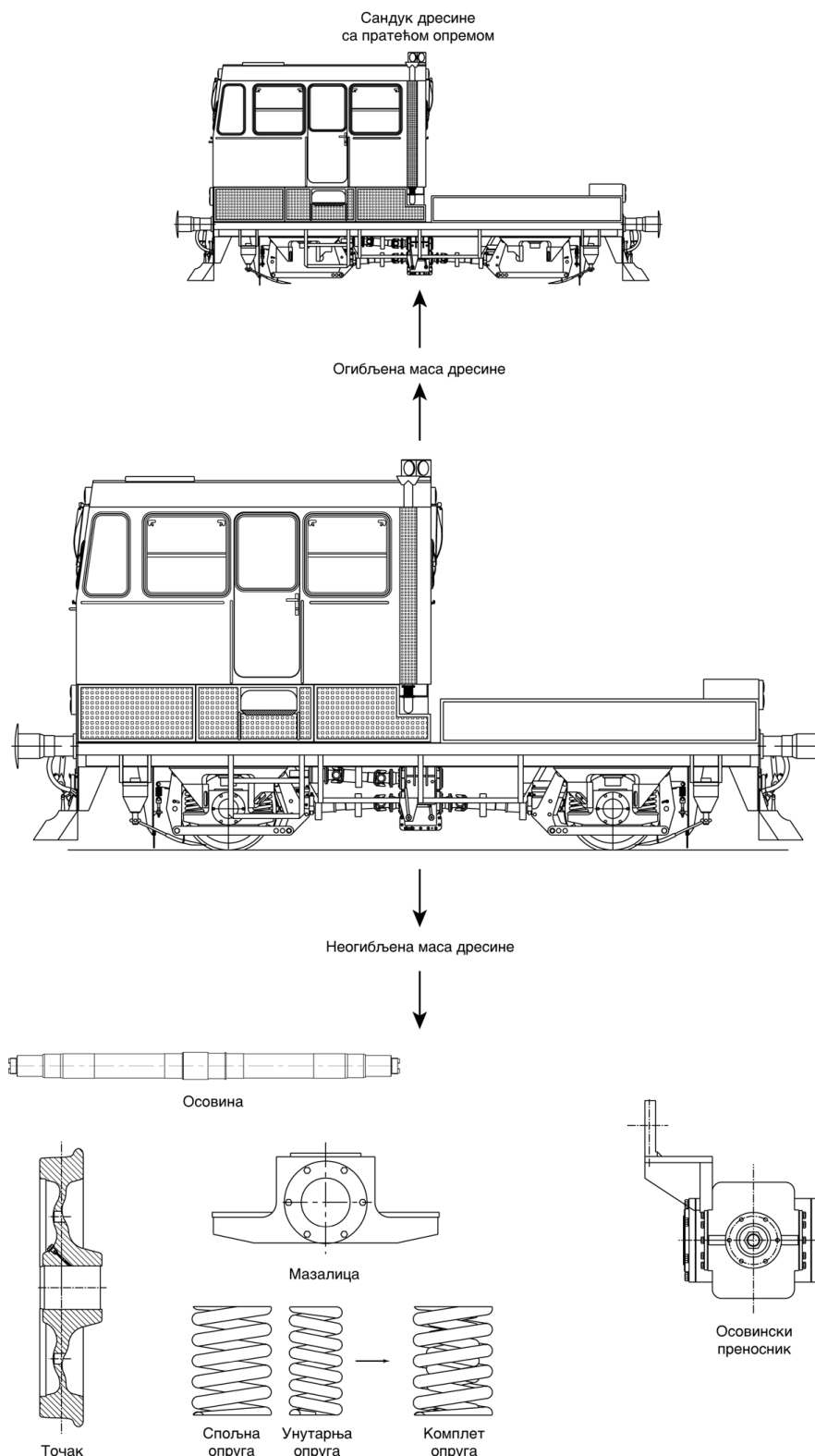
У неогибљени део масе дресине спадају:

- осовине;

- точкови;
- мазалице;
- осовински преносници;
- комплети опруга.

Укупна неогибљена маса поменуте дресине према каталошким подацима произвођача износи 2627 kg.

У огибљени део дресине спада комплетни сандук дресине са пратећом опремом и ова маса дресине износи 15373 kg.



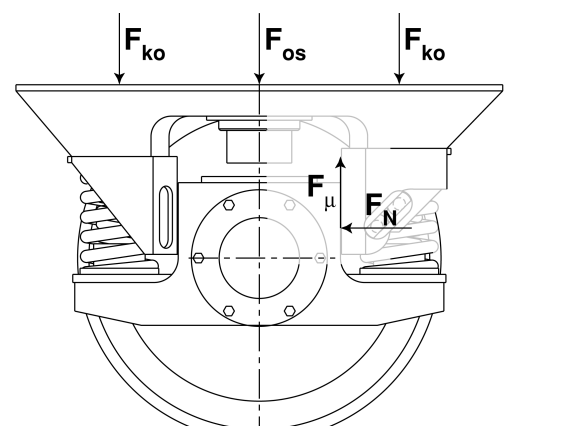
Сл.2. Дресина TMD-22 DC (огибљени и неогибљени делови)

4. ПРОРАЧУН УГИБА ОГИБЉЕЊА ДРЕСИНЕ TMD-22 DC

За огибљење дресине TMD-22 DC примењен је амортизер типа "Lenoir" (сл. 1). Амортизер "Lenoir" функционише на принципу трења и на овај начин веома успешно пригушује вертикалне и попречне осцилације сандука дресине.

4.1. Распоред укупне силе у комплекту опруга

Силе у спољној и унутарњој опрузи, при дејству укупне силе F на комплект опруга (сл. 3), су различите. Ово због тога што спољна и унутарња опруга немају исте карактеристике а услов је да обе опруге у комплекту имају исти угиб. На основу реченог може да се срачуна колики део укупне силе F прима спољна а колики део унутарња опруга.



Сл.3. Шема сила огибљења

$$F = F_{un} + F_{sp}$$

$$f_{un} \cdot F_{un} = f_{sp} \cdot F_{sp}$$

где је: f_{un} - угиб унутарње опруге;

f_{sp} - угиб спољне опруге.

$$1.32 \cdot F_{un} = 2.41 \cdot F_{sp}$$

$$F = F_{sp} \cdot (1 + 1.8258) = 2.8258 \cdot F_{sp}$$

$$F_{sp} = \frac{F}{2.8258} = 0.3539 \cdot F$$

$$F_{un} = F - F_{sp} = (1 - 0.3539) \cdot F = 0.6461 \cdot F$$

На основу добијених вредности унутарња опруга у комплекту прима на себе $0.6461 \cdot F$ а спољна $0.3539 \cdot F$ од укупне силе која делује на комплект.

4.2. Распоред масе дресине на осовинске склопове

Укупна маса празне дресине не распоређује се равномерно на осовинске склопове. Предња осовина прима већу масу (за 2000 kg), због тога што се на предњем делу дресине налази управљачница, мотор и преносник снаге. Због тога је оптерећење предњег и задњег осовинског склопа празне дресине:

$$G_{OMP} = G_{OMP1} + G_{OMP2}$$

$$\text{где је: } G_{OMP1} = \frac{G_{OMP}}{2} + 2000 = 6686.5 \text{ kg}$$

$$G_{OMP2} = \frac{G_{OMP}}{2} - 2000 = 2686.5 \text{ kg}$$

Међутим код максимално оптерећене дресине укупна маса се равномерно распоређује на оба осовинска склопа. Тако да је:

$$G_{OMT} = 2 \cdot G_{OMT0} \Rightarrow G_{OMT0} = \frac{G_{OMT}}{2} = 7686.5 \text{ kg}$$

На основу добијених маса које оптерећују осовинске склопове срачунавамо активне силе које нападају огибљење дресине (сл. 4). Прво срачунавамо силе које нападају огибљење неоптерећене а затим максимално оптерећене дресине.

$$F_{P1} = G_{OMP1} \cdot g = 6686.5 \cdot 9.81 = 65.55 \text{ kN}$$

$$F_{P2} = G_{OMP2} \cdot g = 2686.5 \cdot 9.81 = 26.35 \text{ kN}$$

$$F_T = G_{OMT0} \cdot g = 7686.5 \cdot 9.81 = 75.4 \text{ kN}$$

На основу добијених сила прорачунавају се силе које нападају сваки комплект опруга појединачно.

$$F_{P1K} = \frac{F_{P1}}{4} = \frac{65.55}{4} = 16.39 \text{ kN}$$

$$F_{P2K} = \frac{F_{P2}}{4} = \frac{26.35}{4} = 6.59 \text{ kN}$$

$$F_{TK} = \frac{F_T}{4} = \frac{75.4}{4} = 18.85 \text{ kN}$$

Пошто су срачунате силе које оптерећују комплете опруга срачунава се колику силу прима свака опруга понаособ.

$$F_{P1Ksp} = 0.3539 \cdot F_{P1K} = 0.3539 \cdot 16.39 = 5.8 \text{ kN}$$

$$F_{P1Kun} = 0.6461 \cdot F_{P1K} = 0.6461 \cdot 16.39 = 10.59 \text{ kN}$$

$$F_{P2Ksp} = 0.3539 \cdot F_{P2K} = 0.3539 \cdot 6.59 = 2.33 \text{ kN}$$

$$F_{P2Kun} = 0.6461 \cdot F_{P2K} = 0.6461 \cdot 6.59 = 4.26 \text{ kN}$$

$$F_{TKsp} = 0.3539 \cdot F_{TK} = 0.3539 \cdot 18.85 = 6.67 \text{ kN}$$

$$F_{TKun} = 0.6461 \cdot F_{TK} = 0.6461 \cdot 18.85 = 12.18 \text{ kN}$$

4.3. Прорачун угиба огибљења

Пошто су срачунате појединачне силе за спољну и унутарњу опругу за све случајеве оптерећења врши се прорачун угиба огибљења.

$$f_{SP1p} = \frac{2 \cdot 5.8 \cdot 81^3 \cdot \pi \cdot 4.6}{80.769 \cdot 79521.564} = 13.87 \text{ mm}$$

$$f_{SP2p} = \frac{2 \cdot 2.33 \cdot 81^3 \cdot \pi \cdot 4.6}{80.769 \cdot 79521.564} = 5.57 \text{ mm}$$

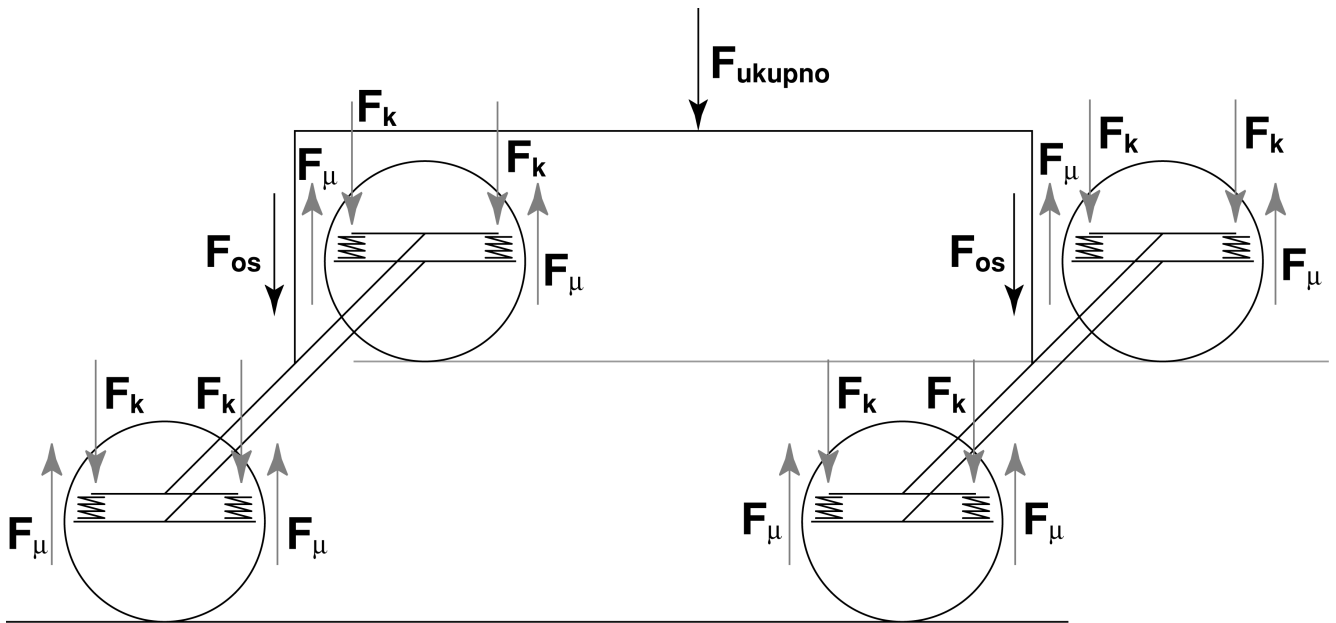
$$f_{SPT} = \frac{2 \cdot 6.67 \cdot 81^3 \cdot \pi \cdot 4.6}{80.769 \cdot 79521.564} = 15.95 \text{ mm}$$

$$f_{UN1p} = \frac{2 \cdot 10.59 \cdot 45^3 \cdot \pi \cdot 6}{80.769 \cdot 79521.564} = 13.85 \text{ mm}$$

$$f_{UN2p} = \frac{2 \cdot 4.26 \cdot 45^3 \cdot \pi \cdot 6}{80.769 \cdot 79521.564} = 5.57 \text{ mm}$$

$$f_{UNT} = \frac{2 \cdot 12.18 \cdot 45^3 \cdot \pi \cdot 6}{80.769 \cdot 79521.564} = 15.93 \text{ mm}$$

На основу добијених вредности за угиб спољне и унутарње опруге под дејством активних сила долазимо до закључка да највећи угиб дресине износи приближно 16 mm.



Сл. 4. Распоред сила на дресини

4.4. Одређивање коефицијента пригушења

Осциловање система огибљења при кретању дресине TMD-22 DC описује се диференцијалном једначином:

$$m\ddot{z} + cz = -\mu mg(\text{sign}\dot{z}) \dots\dots\dots (1)$$

Сила еластичности опруге по апсолутној вредности је већа од силе трења мировања ($|cz_0| > \mu_0 mg$). Када једначину (1) поделимо са m добијамо нехомогену диференцијалну једначину:

$$\ddot{z} + \omega^2 z = \mu g \dots\dots\dots (2)$$

Опште решење диференцијалне једначине (2) је:

$$z = A_1 \cos \omega t + B_1 \sin \omega t + \frac{\mu g}{\omega^2}$$

$$z_{(n)} = A \cos \omega t + B \sin \omega t - \left((-1)^{n-1} \cdot \frac{\mu g}{\omega^2} \right)$$

где је: $\mu = 0.08$ - коефицијент трења са мангански челик (С.3160).

$$s = \frac{\mu g}{\omega^2} \qquad \omega^2 = \frac{C}{m}$$

$$z_{(n)} = A \cos \omega t + B \sin \omega t - \left((-1)^{n-1} \cdot s \right) \dots\dots\dots (3)$$

Крутог комплета опруга је:

$$C_K = \frac{F}{f}$$

где је: $F = 18.85 \text{ kN}$
 $f = 16 \text{ mm}$

$$C_K = \frac{18.85}{1.6} = 11.78 \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$$

Кружна фреквенца комплета опруга је:

$$\omega^2 = \frac{C}{m} = \frac{11.78}{1921.625} = 0.0061302 \cdot 10^5 \text{ s}^{-2}$$

$$\omega^2 = 613.02 \text{ s}^{-2}$$

$$\omega = \sqrt{613.02} = 24.76 \text{ s}^{-1}$$

Максимални угиб дресине при дејству динамичког удара је:

$$F_d = 1.3 \cdot 18.85 = 25.505 \text{ kN}$$

$$f_{\text{max}} = \frac{F_d}{C_K} = \frac{25.505}{11.78} = 2.08 \text{ cm} = 20.8 \text{ mm}$$

Почетни услови за одређивање интеграционих константи диференцијалне једначине (2) су:

$$t = 0$$

$$x_{(0)} = 2.08 \text{ cm} = 20.8 \text{ mm}$$

$$s_0 = \frac{\mu_0 \cdot g}{\omega^2} = \frac{0.08 \cdot 981}{613.02} = 0.128 \text{ cm}$$

$$s = \frac{\mu \cdot g}{\omega^2} = \frac{0.075 \cdot 981}{613.02} = 0.12 \text{ cm}$$

$$z_1 = A_1 \cos \omega t + B_1 \sin \omega t + s \dots\dots\dots (4)$$

$$\dot{z}_1 = -A_1 \sin \omega t + B_1 \cos \omega t \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{из (5)} \Rightarrow B_1 \cos \omega t = 0 \Rightarrow B_1 = 0$$

$$2.08 = A_1 \cdot 1 + s_0 \Rightarrow A_1 = 2.08 - 0.128 = 1.952 \text{ cm}$$

$$z = 1.952 \cdot \cos(24.76 \cdot t) + 0.12 = 0 \Rightarrow$$

$$\cos(24.76 \cdot t) = -\frac{0.12}{1.952} = -0.061475$$

$$24.76 \cdot t = a \cos(-0.061475) = 1.63231 \text{ rad}$$

$$t = \frac{1.63231}{24.76} = 0.066 \text{ sec}$$

Период осциловања је:

$$T = 4 \cdot t = 4 \cdot 0.066 = 0.2637 \text{ sec}$$

$$x = x_0 - \left(\frac{4 \cdot s}{T} \cdot t \right) = 0$$

$$2.08 - \left(\frac{4 \cdot 0.12}{0.2637} \cdot t \right) = 0 \Rightarrow t = 1.1427 \text{ sec}$$

Број полуосцилација које направи дресина док се не врати у равнотежно стање:

$$n = \frac{x_0 - s_0}{2 \cdot s} = \frac{2.08 - 0.128}{2 \cdot 0.12} = 8.13 \approx 8$$

ЗАКЉУЧАК

На основу прорачуном добијених резултата доносимо закључак да на железничка вучна возила малих снага могу да се уграђују огибљења са "Lenoir"-овим амортизером. Ово из разлога што је број полуосцилација које возило начини од тренутка извођења из равнотежног положаја до тренутка враћања целог система у равнотежни положај веома мали, као и време за које се цео овај процес обави.

До ових закључака се долази на основу конкретног прорачуна за тешку моторну дресину TMD-22 DC за коју број полуосцилација, које возило начини од тренутка динамичког удара до тренутка враћања у стање мировања, износи 8. Док временски период извршења целокупног процеса износи 1.14 секунди. Ови резултати указују да је мирноћа хода дресине и стабилност њеног кретања и при екстремно лошим условима експлоатације одлична.

На крају треба напоменути још да је огибљење са "Lenoir"-овим амортизером у односу на огибљење са класичним фрикционим амортизерима значајно јефтиније за израду, што је још један разлог више да се овакав тип огибљења уграђује на вучна возила мале снаге.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Д. Рашковић, "Теорија осцилација", Научна књига, Београд 1957. год.
- [2] Д. Пајић, "Вучна возила", Београд 1981. год.
- [3] С. Шида, "Вуча возова", Београд 1986. год.
- [4] В. Александров, "Железничка вучена возила", Београд 2000. год.
- [5] МИН Холдинг Ко. "Локомотива" а.д, "Техничка документација за дресину TMD-22 DC", Ниш 2001. год.

KOMPATIBILNOST POVROTNE STRUJE VUČE TIRISTORSKIH LOKOMOTIVA SERIJE E. 491/492 I SIGNALNO-SIGURNOSNIH UREĐAJA SA ŠINSKIM STRUJNIM KOLIMA NA JŽ

Gavrilović S. Branislav¹

Apstrakt: U ovom radu izloženi su rezultati do kojih je došao radni tim JŽTP »Beograd« pri istraživanju uticaja povratne struje vuče od tiristorских lokomotiva serije E.491/492 na rad signalno-sigurnosnih uređaja sa šinskim strujnim kolima na Jugoslovenskim železnicama. Rad pruža odgovore da li su navedene lokomotive kompatibilne sa postojećim sistemom osiguranja na ovim železnicama, što je jako važno s obzirom da izostanak istraživane kompatibilnosti može usloviti lažna zauzeća izolovanih odseka koja se štite šinskim strujnim kolima, a na taj način i do težeg ugrožavanja bezbednosti železničkog saobraćaja.

1. UVOD

Za 354 km pruge na Sardiniji (Kaljari – Olbija – Sassari – Porto Torres), 12. februara 1981. god. na Italijanskim železnicama odobren je projekat elektrifikacije monofaznim elektrovučnim sistemom 25 kV, 50 Hz. Elektrifikacija navedenih pruga sa monofaznim elektrovučnim sistemom 25 kV, 50 Hz i pored opšte elektrifikacije pruga Italijanskih železnica jednosmernim sistemom od 3 kV, rezultat je pre svega procene o mogućim značajnim ekonomskim uštedama koje bi se ostvarile u prenosu električne energije i eksploataciji tako elektrificirane pruge.

Za potrebe eksploatacije navedene pruge u periodu od 1986. do 1990. god. projektuju se od strane Italijanskog Konzorcijuma za Alternativnu Monofaznu Električnu Vuču (TEAM -Trazione Elettrica Alternata Monofase) lokomotive serije E.491/492. U navedenom periodu »FIAT – Ferroviaria« iz Saviljana realizuje mehanički, a »Ansaldo-Transporti« električni deo 19 lokomotiva serije E.491 i 6 lokomotiva serije E.492.



Slika 1: Izgled lokomotive serije FS E. 492-004

Posle niza ispitivanja, kao što su ona sa lokomotivom E.491-001 na prugama Torino-Aleksandrija i Rim-Firenca u oktobru 1986.god.ili sa lokomotivom E492-001 na novoizgrađenom elektrificiranom odseku sa 25 kV, 50 Hz od Orte do Čivitavekja u novembru 1987. i aprilu 1988. god., dobijeni su rezultati koji su omogućili da se već decembra 1988. godine prebaci izvestan broj navedenih lokomotiva na Sardiniju. Međutim, do eksploatacije ovih lokomotiva na prugama na Sardiniji nikada nije došlo. Ovo je zbog toga što se već krajem 1989. godine, a posle neznatno realizovane elektrifikacije pruga, pojavljuju prvi znaci

propadanja zbog nedostatka materijalnih sredstava i nemogućnosti da se započeta elektrifikacija završi. Sem toga, odredbe Državnog Tužilaštva od 13. 06. 93.god., sa svoje strane čine da se navedene lokomotive konzerviraju i sklone u lokomotivske Depoe u Kaljariju i Čivatavekju odnosno u krugu fabrike konstruktora Ansaldo u Napulju.

Sa napuštanjem projekta elektrifikacije pruga na Sardiniji sa monofaznim elektrovučnim sistemom 25 kV, 50 Hz , sredinom 1990. god. Italijanske železnice (FS) nude na prodaju svih 25 lokomotiva francuskim (SNFC), 1998. god. turskim (TCDD), a februara 2000.god. bugarskim (BDŽ) i mađarskim železnicama (MAG). I pored demonstrativnih probnih vožnji, od strane navedenih železnica nije došlo do sporazuma.

Paralelno sa pomenutim ponudama, lokomotive E.491/492 nude se i Železničko Transportnom Preduzeću »Beograd« tako da lokomotiva serije E. 492-004 dolazi u ŽTP »Beograd« na osnovu Ugovora o obavljanju proba na prugama Jugoslovenskih železnica broj: 1352 od 5.10.2001. godine sklopljen između »TRENITALIJA –e S.p.A.« i JŽTP »Beograd«.

Na osnovu svega navedenog sasvim je bilo logično da se u Javnom Železničko Transportnom Preduzeću »Beograd« formira odgovarajući stručni tim za proveru tehničkih karakteristika navedenih lokomotiva.

U ovom radu izložiće se rezultati do kojih je radni tim došao pri istraživanju uticaja povratne struje vuče od lokomotiva serije E.491/492 na rad signalno-sigurnosnih uređaja sa šinskim strujnim kolima. Mišljenja sam da pored ostalih rezultata do kojih je radni tim došo, ovi rezultati ipak zaslužuju posebnu pažnju s obzirom **da se navedeni uticaj, od strane većine železničkih uprava, navodi kao glavni nedostatak lokomotiva serije E.491/492 u njihovoj eksploataciji.**

2. NELINEARNOST IMPEDANSE LOKOMOTIVA SERIJE E. 491/492

Provera karakteristika lokomotive od strane radnog tima obavljena je u periodu od 01. 11. 2001. godine do 21.12 2001. godine. Od ukupno 55 dana lokomotiva je u saobraćaju bila 31 dan i za to vreme pretrčala je 6 608 km po trasama teretnih, putničkih i brzih vozova (ukupno 23

¹mr Gavrilović S. Branislav, dipl. inž. el., Sekcija za vuču vozova i TKS Užice, Heroja Luna 8, 31000 Užice, e-mail: brane23@ptt.yu, tel. 031 / 520-348.

voza).

Na osnovu raspoložive dokumentacije bilo je poznato da su lokomotive E.491/492 [1]:

- predviđene za monofazni elektrovučni sistem i napon kontaktne mreže od 25kV, 50 Hz;
- predviđene za širinu koloseka od 1435 mm;
- sa dva obrtna postolja tipa Bo'-Bo';
- sa gabaritnim merama u skladu sa UIC 505;
- sa maksimalnom brzinom 140 km/h (E.491), odnosno 160 km/h (E.492);
- dužine preko odbojnika 17 000 mm;
- mase 85 t, a po jednoj osovini 21,25 t;
- sa prečnikom novog bandaža od 1 250 mm, a minimalno od 1 170 mm;
- nominalne snage (po UIC 614) 3 140 kW;
- trajne snage (po UIC 614) 3 060 kW;
- sa vučnim motorima sa nezavisnom pobudom i napajanjem iz tiristorских ispravljača;
- sa maksimalnim naponom na vučnim motorima od 1100V;
- sa maksimalnom strujom vučnih motora od 1100A (jednominutna), 887 A (jednočasovna) i 785 A (trajna);
- sa mikroprocesorskom kontrolom sistema upravljanja;
- sa elektrodinamičkom i koordinacijom iste sa pneumatskom kočnicom;
- sa pneumatskim kočnikom novije generacije »Oerlikon« tipa FV 4e (t.j. sa dodatnim električnim delom za koordinaciju elektro i pneumatske kočnice).

Činjenica da električne lokomotive serije FS E. 491/492 u prenosniku snage imaju tiristorske ispravljače sa asimetričnom poluupravljivom spregom, odnosno vučne motore za jednosmernu struju sa nezavisnom pobudom, ukazivala je da je reč o električnim lokomotivama savremenije konstrukcije od postojećih diodnih lokomotiva serije JŽ 441 i 461. Međutim, zbog činjenice da povratna struja vuče tiristorske lokomotive u odnosu na istu struju kod diodne predstavlja znatno veći izvor smetnji na rad šinskih strujnih kola signalno-sigurnosnih uređaja, logično se nameće i pitanje: **”Da li su lokomotive serije E. 491/492 kompatibilne sa postojećim sistem osiguranja na Jugoslovenskim železnicama?”** Ovo utoliko pre što izostanak uočene kompatibilnosti može usloviti lažna zauzeća izolovanih odseka koja se štite šinskim strujnim kolima, a time i do ugrožavanja bezbednosti železničkog saobraćaja.

U opštem slučaju, kroz vozni i povratni vod kontaktne mreže teče izobličena struja koja sadrži veliki broj viših harmonika. Uzrok izobličenju struje je nelinearna karakteristika impedanse električne lokomotive kao prijemnika monofaznog elektrovučnog sistema 25 kV, 50 Hz. Koliko će struja biti izobličena odnosno kakav će biti njen sadržaj harmonika zavisi od više činilaca: od načina upravljanja vučnih motora, od relativnog napona kratkog spoja glavnog lokomotivskog transformatora, od induktiviteta jednosmerne lokomotivske prigušnice kao i od simetričnosti upravljačkih impulsa tiristora za pozitivnu i negativnu poluperiodu i sl.

Kod lokomotiva serije E. 491/492, a na osnovu priložene dokumentacije, upravljanje jednosmernih

vučnih motora sa nezavisnom pobudom realizovano je asimetričnim poluupravljivim tiristorским ispravljačem. Sa navedenom spregom poznato je da se promenom ugla upravljanja α menja jednosmerna struja na njegovom izlazu. Ovakom regulacijom vučne struje u lokomotivi serije E.491/492 postignuta je kontinualna regulacija njene vučne sile, što predstavlja predost u odnosu na diodne lokomotive serije JŽ 441 ili 461. Kontinualnom regulacijom omogućava se maksimalna vučna sila za vreme trajanja celog procesa ubrzavanja lokomotive.

Upravljanje tiristorom kod lokomotiva serije E.491/492 vrši se impulsima iz posebnog impulsnog uređaja. Trenutak dovođenja impulsa na tiristor određuje se na osnovu podataka iz grana povratnih veza i postavljenih referentnih veličina koje opisuju promenu struje vučnih elektromotora i brzine lokomotive.

Istraživanje uticaja povratne struje vuče od lokomotiva serije E. 491/492, a pri stacionarnim režimima rada elektrovučnog sistema na rad šinskih strujnih kola u ovom radu biće zasnovani na rezultatima matematičkog modela i kompjuterskog programa koji je razrađen na Tehničkom fakultetu u Čačku. Dakle, na osnovu matematičkog modela koji omogućava istraživanje navedenog uticaja ne samo od jedne lokomotive serije E.491/492 već i od njihovog većeg broja koji se može imati na jednom napojnom kraku elektrovučne podstanice. Ovo utoliko pre što se računa na nabavku 25 lokomotiva serije E. 491/492.

Eksploatacionalna istraživanja i merenja obavljena u periodu od 3 do 21. decembra 2001 sa lokomotivom E.492-004. godine pri tom će poslužiti kao polazni parametri na osnovu kojih će se računati ekstremno mogući uticaj. Tek na taj način moguće je sasvim objektivno suditi o ispravnosti dobijenih rezultata u ekstremno mogućim uslovima eksploatacije lokomotiva E. 491/492 na Jugoslovenskim železnicama, odnosno na bazi tako dobijenih rezultata moguće je doneti objektivan zaključak dali će se u ekstremnim uslovima prekoračiti dozvoljene maksimalne vrednosti napona smetnji pri normalnom radu šinskih strujnih kola koja se koriste na Jugoslovenskim železnicama.

3. MATEMATIČKI MODEL

Matematički model koji omogućava rešavanje dileme da li su lokomotive serije E.491/492 kompatibilne sa postojećim sistemom osiguranja sa šinskim strujnim kolima na Jugoslovenskim železnicama opisan je u literaturi [2-9]. Ovaj matematički model omogućava računanje napona smetnje pri normalnom radu šinskih strujnih kola, na sledećim pretpostavkama i ograničenjima:

- struja kroz celu dužinu voznog voda kontaktne mreže, od mesta njegovog spajanja sa povratnim vodom elektrovučne podstanice do elektrovučnog vozila, smatra se da je prostoperiodična funkcija vremena, proizvoljne i nepromenjene efektivne vrednosti;

- na višekolosečnim prugama i u železničkim stanicama sa više elektrificiranih koloseka, bez obzira na složenost geometrijske konfiguracije voznih i povratnih vodova kontaktne mreže, a zbog podužnog i poprečnog kontinuiteta povratnog voda, smatra se da je vrednost struje ista u svim šinama povratnog voda na jednakim

rastojanjima od elektrovučne podstanice;

- zanemaruje se uticaj struje kroz povratni vod kontaktne mreže na rad šinskih strujnih kola ugrađenih na mestima udaljenim preko 4 km izvan rastojanja između elektrovučnog vozila i mesta spajanja železničkih šina sa povratnim vodom elektrovučne podstanice odnosno lokomotive E. 491/492;

- da se bez obzira na konstruktivne razlike pojedinih tipova kontaktne mreže i vozni sredstava ostvaruje približna simetrija u električnom pogledu kroz obe šine za slučaj kada se koriste dve šine kao povratni vod kontaktne mreže.

Na osnovu uspostavljenog matematičkog modela zaključuje se da uticaj struje vuče kroz povratni vod kontaktne mreže 25 kV, 50 Hz na rad šinskih strujnih kola zavisi od [2-9]:

- dužine izolovanog odseka i tipa osiguranja sa šinskim strujnim kolima t.j da li su šinska strujna kola izvedena na jednokolosečnim ili dvokolosečnim prugama odnosno sa jednošinskim ili dvošinskim izolovanim odsecima;
- međusobnog prostornog položaja šinskog strujnog kola, elektrovučnog vozila i elektrovučne podstanice;
- tipa, preseka, visine vešanja i raspona voznog voda kontaktne mreže;
- efektivne vrednosti struje kroz vozni vod kontaktne mreže; pri tome se misli na efektivnu vrednost naizmenične struje čija frekvencija upravo odgovara radnoj frekvenciji šinskog strujnog kola;
- električnih i magnetnih karakteristika čelika za šine;
- električnih karakteristika železničkih pragova i zastora od tucanika gornjeg stroja pruga;
- električnih karakteristika okolnog zemljišta kroz koje se izvodi elektrificirana pruga.

Bez obzira na činjenicu što se kod monofaznog sistema elektrovuče 25 kV, 50 Hz vrednosti svih gore navedenih parametara mogu rasipati u proizvoljnim intervalima, istraživanja su se ograničila samo na eksploatacione uslove koji se mogu imati imati na Jugoslovenskim železnicama odnosno za prilike koje se mogu imati sa standardizovanom visinom vešanja i dozvoljenom strujnom opterećenju kontaktne mreže tipa JŽ 160 i "normalnoj" širini koloseka sa standardizovanim tipom šine S49. Maksimalna efektivna vrednost struje osnovnog harmonika kroz vozni vod kontaktne mreže pri ovoj analizi treba uzima se da je jednaka maksimalnoj dozvoljenoj petnaestominutnoj struji kroz vozni voda. Ovo je zbog toga što se pri ovoliko dugim i dozvoljenim vrednostima struja kroz vozni vod mogu postići ekstremni uticaji na rad šinskih strujnih kola. Za usvojeni vozni vod kontaktne mreže na elektrificiranim prugama Jugoslovenskih železnica, tipske oznake Ri 100 + Bz II 65 prema UIC 870 i JŽS V2 039, ova struja iznosi 810 A (50Hz). Ispitivanja na jugoslovenskim železnicama ograničena su samo na sledeća tri postojeća sistema šinskih strujnih kola:

- Westinghause, stanični i pružni odseci (jednošinska i dvošinska izolacija), sa nosećom učestanošću od 83 1/3 Hz;

- Institut »Kirilo Savić«, stanični i pružni odseci (jednošinska i dvošinska izolacija) sa nosećim učestanostima od 175 i 225 Hz;
- Simens, stanični i pružni odseci (jednošinska i dvošinska izolacija) sa nosećom učestanošću od 83 1/3 Hz.

Rezultati matematičkog modela ukazuju da je uticaj od povratne struje vuče postoji samo ako postoji harmonik povratne struje vuče one učestanosti koja se poklapa sa nosećom učestanosti šinskog strujnog kola. Zbog toga istraživani uticaj je utoliko veći ukoliko je efektivna vrednost povratne struje vuče tog harmonika veća, kada je reč o dužim jednošinskim izolacijama na kojima se nalaze lokomotive serije E.491/492, a koje su ugrađene u neposrednoj blizini elektrovučnih podstanica. Zbog svega navedenog sasvim se logično nameće zaključak da je od posebnog praktičnog značaja analizirati istraživani uticaj upravo u navedenim ekstremnim uslovima kako bi se ukazalo na najveće moguće vrednosti napona smetnji.

Pri tome je vrlo važno ukazati da odgovarajući dokumenti (standardi i norme) koji određuju granicu dopuštenih maksimalnih vrednosti napona smetnji na izolovanim odsecima ne postoje kako na domaćem tako i na međunarodnom planu. U takvim uslovima jedini način koji može da pokaže da ispitivane tiristorske lokomotive E.491/492 svojim radom ne ugrožavaju normalan rad postojećih sistema šinskih strujnih kola su relevantni podatci samog proizvođača.

4. UTICAJ OD VEĆEG BROJA LOKOMOTIVA SERIJE E. 491/492

Na osnovu većeg broja snimanja talasnog oblika i Furijeove analize napona smetnje na različitim lokacijama na odsecima sa jednošinskom i dvošinskom izolacijom, došlo se do sledećih rezultata [1]:

- Tiristorska lokomotiva E.492-004 ima prisutne i parne i neparne harmonike u povratnoj struji vuče, što ukazuje na mogućnost veće izobličivosti korisnog signala šinskog strujnog kola u odnosu na diodne lokomotive serije JŽ 441 ili JŽ 461;
- Tiristorska lokomotiva E. 492-004 u povratnoj struji vuče ima harmonike sve do 50-og, dok se kod diodnih lokomotiva JŽ 441 i JŽ 461 harmonici prostiru do 20-og;
- Kod lokomotiva JŽ 441 i JŽ 461 u talasnom obliku povratne struje vuče istaknuti su gotovo svi harmonici sve do 15-og.
- Tiristorska lokomotiva E. 492-004 kao i diodne lokomotive JŽ 441 ili JŽ 461 u povratnim strujama vuče nema harmonik na učestanostima na kojima rade šinska strujna kola, tj. na 83 1/3, 175 i 275 Hz.

S obzirom na poslednji navedeni rezultat, a na osnovu matematičkog modela koga sam usvojio[2-9], može se izvesti zaključak da lokomotive serije E. 491/492 sa povratnim strujama vuče neće izazvati nikakav uticaj na rad postojećih šinskih strujnih kola na Jugoslovenskim železnicama bez obzira na mesto njihove ugradnje. Ovo je zbog toga što intenzitet struje kroz vozni vod kontaktne mreže učestanosti 83 1/3, 175 i 225 Hz može uzeti na osnovu navedenog merenja da je jednak nuli, što po usvojenom matematičkom modelu ukazuje da i napon smetnje šinskog strujnog kola će uvek (bez obzira na mesto

ugradnje i uslova eksploatacije električne vuče) biti jednak nuli. Dakle, može se zaključiti da električne lokomotive E. 491/492 kao i lokomotive JŽ 441 ili 461, nemaju nikakav uticaj na rad onih šinskih strujnih kola koja su do sada ugrađivana na Jugoslovenskim železnicama.

Međutim, kao što su i neka eksperimentalna istraživanja pokazala [1], na nekim dijagramima pronađeni su tragovi smetnje korisnog signala navedenih učestanosti. Dokaz leži na primer na snimljenom talasnom obliku korisnog signala frekvencije 83 1/3 Hz, a pri normalnom radu šinskog strujnog kola sa jednošinskom izolacijom tipa »Siemens« u stanici Kosjerić. Snimak je načinjen sa lokomotivom E. 492-004 koja je imala efektivnu vrednost struje vučnih motora od 900A i koja je stajala van slobodnog izolovanog odseka kod skretnica S1. Elektrovučna podstanica locirana je u neposrednoj blizini stanice Kosjerić, a dužina izolovanog odseka iznosila je 302 m.

Sem navedenog primera, a pri raznim vrednostima efektivne struje vučnih motora lokomotive E. 491/492, pri realizovanim merenjima [1], registrovano je i brojno prisustvo tragova smetnji korisnog signala frekvencija 175 i 225 Hz za šinska strujna kola tipa «Kirilo Savić» locirana u stanicama Dragačevo.

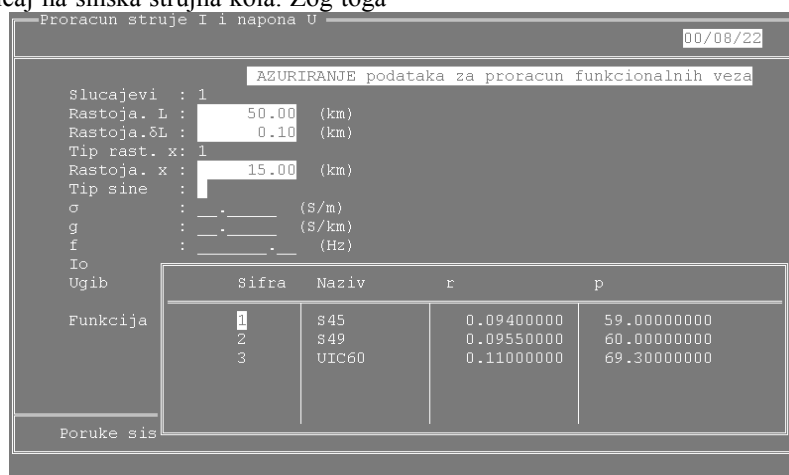
Zbog svega navedenog sasvim se logično nameće pitanje: « **Da li je sasvim dovoljan i ispravan zaključak koji se donosi samo na osnovu izmerenih srednjih vrednosti napona signala smetnje od povratne struje vuče jedne tiristorske lokomotive serije E.492-004 i upoređivanjem istih vrednosti koje potiču pod istim uslovima od jedne diodne lokomotiva serije JŽ 441 ili JŽ 461?** »

S obzirom da sam mišljenja da je tako izveden zaključak nedovoljno ispravan, pogotovo kada je reč pri eksploataciji većeg broja tiristorskih lokomotiva serije E.491/492, a kada je logično očekivati, zbog većih vrednosti povratnih struja vuče, jači istraživani uticaj na šinska strujna kola. Zog toga

uvvedeni matematički model može poslužiti i da se ova dilema reši [2-9].

Naime, ako se pođe od činjenice da je u svim slučajevima intenzitet struje kroz vozni vod frekvencija korisnog signala (83 1/3, 175 i 225 Hz) pri izvršenim merenjima bio deset i više puta manji u odnosu na intenzitet osnovnog harmonika [1], matematičkim modelom se može veoma lako doći do procene napona smetnji pri eksploataciji većeg broja tiristorskih lokomotiva serije E. 491/492, uzmu li se najnepovoljniji mogući uslovi rada šinskih strujnih kola na Jugoslovenskim železnicama koji su opisani sa sledećim relevantnim parametarima:

- Šinsko kolo korisnog signala 83/13 Hz sa jednošinskom izolacijom dužine 350m koje se nalazi u neposrednoj blizini elektrovučne podstanice;
- Lokomotive serije E. 491/492 nalaze se na izolovanom odseku šinskog strujnog kola;
- Električna provodnost kolosečnog zastora: $g = 0,1$ S/km;
- Električna provodnost okolnog zemljišta: $\sigma = 0,001$ S/km;
- Maksimalna petnestominutna efektivna vrednost struje kroz vozni vod Ri 100+ByII 65 (UIC 870 i JŽS V2 039) : $I_{050Hz} = 810$ A;
- Maksimalna petnestominutna efektivna vrednost struje kroz vozni vod Ri 100+ByII 65 (UIC 870 i JŽS V2 039) : $I_{083\ 1/3\ Hz} = 81$ A;
- Želzničke šine su od standardizovanog čelika tipa S49;
- Kontaktna mreža je tipa JŽ 160 sa prosečnim rasponom između stubova na ispitivanom napojnom kraku od 30m.



Slika 2: Menu programa koji je razvijen u Clipperu za DOS platformu koji omogućava unos i analizu različitih uticaja povratne struje vuče na rad šinskih strujnih kola [2-9]

Sa navedenim procenjenim vrednostima ulaznih parametara, a uz matematički model koji je dao niz eksperimentalno potvrđenih vrednosti pa i za one koje su navedene u literaturi [1], došlo se do maksimalno očekivanog napona smetnje korisnog signala od $U_{83\ 1/3\ Hz} = 14,3028$ V.

Na osnovu dokumentacije proizvođača kao i

dokumenata o atestiranju pojedinih tipova šinskih strujnih kola u predhodnom periodu poznato je da je za motorne releje tipa »Siemens« prag privlačenja 21,5 V, a tipa Westinghouse 17,7 V_{eff} . Kako su ove vrednosti veće od maksimalno procenjene od 14,302 V to se i na ovaj način dolazi do zaključka da će lokomotive serije E. 491/492 biti u potpunosti kompatibilne sa postojećim šinskim strujnim

kolima koja su do sada ugrađena na elektrificiranim prugama Jugoslovenskih železnica.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu svega što je do sada istraživano proizilazi zaključak da bez obzira na veći broj harmonika i veći relativan odnos pojedinih harmonika povratne struje vuče od lokomotiva serije E. 491/492 u odnosu na diodne lokomotive serije Jh 441 ili Jh 461, izmereni i proračunati uticaj od jedne ili od većeg broja tiristorskih lokomotive serije E.491/492 neće uticati na potrebnu pouzdanost rada šinskih strujnih kola primenjenih na elektrificiranim prugama Jugoslovenskih železnica. Otuda se možemo slohiti sa konstatacijom da su elektrolokomotive serije FS E.491/492 kompatibilne sa postojećim sistemom osiguranja na elektrificiranim prugama Jugoslovenskih železnica.

Literatura

- [1] Institut «Kirilo Savić»: «Izveštaj o ispitivanju uticaja struje vuče na šinska strujna kola kod električnih lokomotiva serije E. 491/492 (FIAT/ANSALDO)», februar 2002.god.,Beograd;
- [2] B. Gavrilović: „Modelovanje elektromagnetne kompatibilnosti šinskih strujnih kola i elektrovučnih vozila na mreži JŽ“, „Železnice“, str. 357-364, br. 7-8, 2000. god., Beograd;
- [3] B. Gavrilović: "Uticaj elektrovučnih vozila na rad šinskih strujnih kola", Zbornik radova sa devetog naučno - stručnog simpozijuma (Tehnika železničkih vozila 2000), septembar 2000. god, Niš;
- [4] B. Gavrilović: „Računarska podrška uticaja struje kroz povratni vod kontaktne mreže na rad šinskih strujnih kola“- Zbornik radova sa sedme Međunarodne konferencija železničkih stručnjaka – JUŽEL, oktobar 2000. god., Vrnjačka Banja;
- [5] B. Gavrilović: „Uticaj struje vuče na rad šinskih strujnih kola na JŽ“, „Železnice“, str. 581-590, br. 11-12, 2000. god., Beograd;
- [6] B. Gavrilović: „ELEKTRO-MAGNETIC COMPATIBILITY TRACTION CURRENT IN TRACKS AS RETURN CIRCUIT OF OVERHEAD CONTACT LINE AND RAILWAY LIGHT SIGNALLING SYSTEMS“, IX Национална конференция с международно участие: „Светлина 2001“ – 13-15 јуни 2001., Варна, България);

- [7] B. Gavrilović: "IMPACT OF TRACTION CURRENT IN TRACKS AS RETURN CIRCUIT OF OVERHEAD CONTACT LINE ON TRACK CIRCUIT USED IN SIGNALLING AND SAFETY SYSTEMS", Promotion of Pollution Control and Energy Saving by the use of Hibrid Power Systems , september 2001, Karlsruhe;
- [8] B. Gavrilović: “Matematički model za opisivanje uticaja struje električne vuče kroz vozni i povratni vod kontaktne mreže 25 kV, 50 Hz na rad svetlosnih signalno-sigurnosnih uređaja sa šinskim strujnim kolima na Jugoslovenskim železnicama", Zbornik radova Srpskog društva za osvetljenje -Osvetljenje 2001, str. 55-66, novembar 2001. god., Arandelovac;
- [9] B. Gavrilović: "Mathematical modelling and computer aided calculation disturbing from traction current in tracks as return circuit of overhead contact line on railway signalling - protective devices”, Third International Conference on Management Information Systems - MIS 2002, April 2002. god., Greece.

MODELLING OF ELECTRO-MAGNETIC COMPATIBILITY TRACTION CURRENT OF ELECTRO LOCOS SERIES FS 491/492 AND TRACK CIRCUIT APPLIED OF SIGNALLING DEVICES ON YUGOSLAV RAILWAYS

B. S. Gavrilovic

Abstract: *In this study are shown the results to which came the working team of ZTP »Beograd« during the continuous research of traction return current of locos series FS E.491/492 (FIAT-ANSALDO) on function of signalling devices with track circuits on Yugoslav lines. The study points out to the results that are possible in extreme condition of exploitation with above mentioned locos, and to which is arrived using mathematical model and according to it, projected programme solution, developed on Technical University in Cacak (Yugoslavia).*

Key words: electric locomotive, return traction current, signalling equipment.

PRIMENA NAPONSKIH I STRUJNIH ELEKTRONSKIH TRANSDUKTORA KOD ŽELEZNIČKIH VOZILA

Dejan Mihajlović¹

Rezime - Strujni i naponski elektronski transduktori su savremeni elektronski merni uređaji čija je osnovna namena precizno merenje struja i napona na principu Holovog efekta. U radu su date osnovne tehničko-tehnološke performanse strujnih i naponskih elektronskih transduktora koji su predviđeni za ugradnju na električnim vozilima serije JŽ441 i JŽ461 u predstojećoj modernizaciji, kao i kratak pregled osnovnih i najčešće primenjivanih tipova elektronskih transduktora vodeće svetske firme LEM iz Švajcarske. Izložen je tabelarno i opširan pregled primene elektronskih transduktora na savremenim železničkim vozilima.

Ključne reči: železnica, elektronski transduktori, merenje

1. Uvod

Potreba za vozovima velikih brzina, gradskim tranzitnim sistemima i brzim teretnim transportom je pre svega nastala zbog porasta populacije u par zadnjih decenija. Sve su češći zahtevi i za modernizaciju starih železničkih vozila kao i primenu ekoloških propisa u železničkim sistemima.

Ranih sedamdesetih godina kompanija LEM iz Švajcarske je započela razvoj energetske elektronike za upravljanje elektromotorima. Desetak godina kasnije njihovi novoprojektovani invertori sa asinhronim motorima su dali velike prednosti u pouzdanosti, održavanju itd. Otprilike u to vreme, na bazi poznate pojave "Holovog efekta", razvili su elektronske merne transduktore sa galvanski izolovanim merenjima napona i struja.

Galvanski izolovana merenja su potrebna u više aplikacija u svakom delu železničke mreže. Unutar voza ove aplikacije se odnose na vuču i invertore za pomoćni pogon, kao i za visokonaponsko napajanje posebno kada ono mora biti kompatibilno za različite regionalne sisteme. Kod infrastrukture, ove aplikacije se menjaju od merenja malih strujnih signala pa do struja glavnog napajanja reda hiljade ampera.

Do sada je projektovano više od 2500 tipova strujnih i naponskih elektronskih transduktora koji precizno i pouzdano mere struje od 0,25A do 10000A i napone od 10V do 6400V.

Oni se mogu svrstati u 5 različitih grupa i to: transduktori zasnovani na Holovom efektu sa otvorenim petljom, transduktori zasnovani na Holovom efektu sa zatvorenim petljom, transduktori C-tipa, transduktori IT-tipa i LEM-flex transduktori. U radu će biti prezentovani

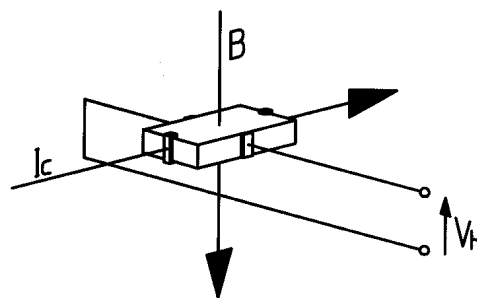
transduktori iz prve dve grupe, a zatim i primeri primena različitih tipova elektronskih transduktora kod železničkih vozila.

2. Holov efekat

Elektronski transduktori sa otvorenom i zatvorenim petljom koriste Holov efekat, koji je otkriven 1879 god., a otkrio ga je američki fizičar Edvin Herbert Hol, na Džon Hopkins Univerzitetu u Baltimoru.

Holov efekat je prouzrokovan Lorencovom silom, koja deluje na pokretna naelektrisanja u provodniku, kada je taj provodnik izložen magnetnom polju koje je normalno na pravac struje.

U tankoj pločici poluprovodničkog materijala protiče po dužini upravljačka struja I_c (Sl. 1). Magnetni fluks B stvara Lorencovu silu F_L normalnu na pravac pokretnih naelektrisanja koja čine struju. Ovo prouzrokuje menjanje broja naelektrisanja na krajevima ove pločice, i na taj način se stvara potencijalna razlika koja se označava sa V_H i predstavlja Holov napon.



Slika 1 Prikaz električnih parametra Holovog efekta

¹ Dejan Mihajlović, dipl. inž. el., MIN Co AD "Lokomotiva", Šumadijska 1, Niš, e-mail: lokomotiva@bankerinter.net

Za gore opisano rešenje, sa magnetnim poljem normalnim na struju dobija se:

$$V_H = \left(\frac{K}{d}\right) \cdot I_C \cdot B \dots\dots\dots (1)$$

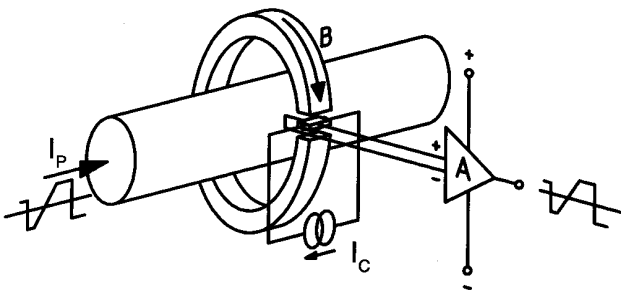
gde je K Holova konstanta za korišćeni materijal, a d debljina tankog lista. Ovakvo rešenje naziva se Holov generator.

2.1 Strujni transduktori sa otvorenom petljom zasnovani na principu Holovog efekta

2.1.1 Konstrukcija i princip rada

Transduktori sa otvorenom petljom koriste Holov efekat. Magnetna indukcija B koja dovodi do porasta Holovog napona V_H , nastaje od primarne struje I_P . Upravljačku struju I_C obezbeđuje konstantan izvor struje (Sl. 2)

Unutar linearne oblasti histerezisnog ciklusa B je proporcionalno sa I_P ($B_{\text{air gap}} = \text{const}(a) I_P$)



Slika 2. Konverzija primarne struje u izlazni napon

Holov efekat se prema tome izražava:

$$V_H = \left(\frac{K}{d}\right) \cdot I_C \cdot \text{const}(a) \cdot I_P \dots\dots\dots (2)$$

Izuzev I_P , svi članovi ove jednačine su konstante.

Dakle: $V_H = \text{const}(a) \cdot I_P$

Mereni signal V_H je pojačan da bi se dobio korisni izlazni napon.

Transduktori sa otvorenom petljom mere DC, AC i struje sa složenim talasnim oblikom. Galvanski su izolovani, imaju malu potrošnju, malu veličinu i težinu, posebno za opseg visokih struja. Transduktori sa otvorenom petljom su posebno otporni na strujna preoperećenja. Oni imaju relativno nisku cenu, i uopšte su dobro primenljivi za industrijske aplikacije.

2.1.2 Tipične aplikacije

Strujni transduktori sa otvorenom petljom se koriste u brojnim industrijskim primenama, gde obezbeđuju nadzor, regulaciju i kontrolu struja.

Tipične primene su kod sledeće opreme:

- električna vozila, u vučnim konvertorima i za kontrolu baterijske struje
- sistemi za električnu vuču, za strujne prekidače u

podstanicama i za zaštitu ispravljača

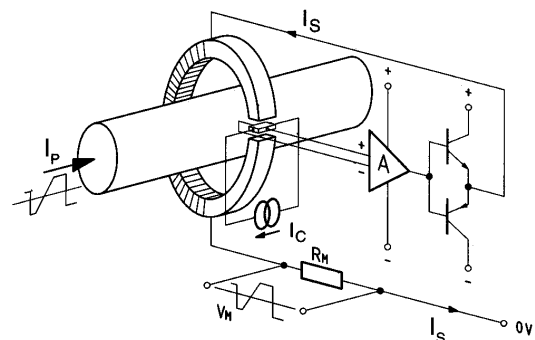
- oprema za električno zavarivanje, za kontrolu struje zavarivanja
- oprema koja radi sa baterijama, za kontrolu struje punjenja ili pražnjenja
- oprema za električna merenja, elektrolizu itd.

2.2 Strujni transduktori sa zatvorenom petljom zasnovani na principu Holovog efekta

Strujni transduktori sa zatvorenom petljom (takođe se zovu kompenzacioni ili transduktori sa nulnim fluksom) imaju integrisano kompenzaciono kolo pomoću kojeg performanse strujnih transduktora koji koriste Holov efekat mogu biti značajno poboljšane.

2.2.1 Konstrukcija i princip rada

Magnetni fluks dobijen dejstvom primarne struje I_P uravnotežen je komplementarnim fluksom koji nastaje kretanjem struje kroz sekundarne namotaje. Holov uređaj i pridruženo elektronsko kolo se koriste za generisanje sekundarne (kompenzacione) struje koja je tačna reprezentacija primarne struje (Sl. 3).



Slika 3 Princip rada transduktora sa zatvorenom petljom

Sekundarna struja I_S , smanjena odgovarajućim odnosom navojaka, je mnogo manja od I_P , jer se namotaj sa N_S navojaka koristi za dobijanje istog magnetnog fluksa. Prema tome važi odnos:

$$I_P \cdot N_P = I_S \cdot N_S \dots\dots\dots (3)$$

Primer: Posmatrajmo merenje jednosmerne struje od 100A. Broj navojaka je $N_P = 1$, jer provodnik prolazi kroz magnetno kolo, koje se sastoji od jednog navojka. Odnos navojaka je 1:1000. Odmah po pojavi struje I_P , nastaje indukcija B_P u vazdušnom procepu magnetnog jezgra, koja stvara napon V_H u Holovom elementu. Ovaj napon se transformiše u struju I_S koja prolazi kroz sekundarni namotaj i stvara indukciju B_S koja kompenzuje indukciju B_P . Rezultujuća sekundarna struja je :

$$I_S = \frac{N_P \cdot I_P}{N_S} = \frac{1 \cdot 100}{1000} = 100mA \dots\dots\dots (4)$$

2.2.2. Tipične aplikacije

Strujni transduktori sa zatvorenom petljom se koriste u brojnim industrijskim aplikacijama, gde oni obezbeđuju merenja, nadzor i kontrolu struja.

Tipične aplikacije su kod sledeće opreme:

- električna vozila, za kontrolu struje vučnih motora
- električni vučni sistemi, kod vučnih i pomoćnih konvertora, ili u podstanicama
- konvertori za servomotore koji se koriste u robotici
- oprema sa baterijama, za kontrolu struje punjenja i pražnjenja
- oprema za električno zavarivanje, za kontrolu struje zavarivanja
- specijalna energetska oprema za radare, itd.

2.3 Naponski transduktori sa zatvorenom petljom zasnovani na principu Holovog efekata

2.3.1. Konstrukcija i princip rada

Holov efekat kod naponskih transduktora se zasniva na istom principu kao kod odgovarajućih strujnih transduktora.

Oni su u stvari konstruisani kao i strujni transduktori gde je glavna razlika u primarnom kolu koje se pravi sa namotajem koji ima veći broj navojaka.

Ovo omogućava stvaranje potrebnih amper-navojaka za stvaranje primarne indukcije, pri čemu se ima niža primarna struja pa prema tome se omogućava minimalna potrošnja u kolu koje se meri.

Radi merenja napona, dovoljno je šantiranje ekvivalentne primarne struje koja snabdeva transduktor. Ovo se izvodi uz pomoć otpornosti povezane na red sa primarnim namotajem.

Holov uređaj i pridruženo elektronsko kolo se koriste za generisanje sekundarne struje koja postavlja reprezentaciju primarnog napona. Primarni otpornik može biti ugrađen ili ne u transduktor.

3. Pregled primena elektronskih transduktora

U sledećim tabelama je dat pregled sklopova gde se koriste različiti tipovi transduktora za izolovano merenje napona i struja. U prvoj tabeli su prikazani uređaji na lokomotivi a u drugoj uređaji na infrastrukturi.

| Na lokomotivi | | | | | | Opseg | Proizvodno rešenje | |
|------------------|-------------------|-------------------|------|--------------------|-----------------|----------------------|--------------------|--|
| Pomoćni inverter | Pogonski inverter | Sekundarni sistem | | | | Merenje interference | | |
| | | Merenje snage | HVAC | Odvodno uzemljenje | Punjač baterija | | | |
| | | | | | | 0...600A | HAL/HAS | |
| | | | | | | 100..1000A | HTA/HAT | |
| | | | | | | 1...2000A | LT Serija | |
| | | | | | | 300...2000A | LF Serija | |
| | | | | | | 6...25A | LTS | |
| | | | | | | 300...2000A | MES | |
| | | | | | | 1...20A | CD Serija | |
| | | | | | | 0...2000A | RA Serija | |
| | | | | | | 0...30A | LA-SD Serija | |
| | | | | | | 100..1000A | LA-SD Serija | |
| | | | | | | 0...2A | HSCT | |
| | | | | | | 0...1500V | LV 25/LV30 | |
| | | | | | | 0...9600V | LV 100/200 | |
| | | | | | | 0...8000V | CV1/3/4 | |
| | | | | | | 0...40A | LH 41 | |
| | | | | | | 2,5..2000A | LH Serija | |
| | | | | | | 0...3000A | LEM~flex (AC) | |
| | | | | | | 1...2000A | ANALYST | |
| | | | | | | 100...1000A | HOMEISO Serija | |
| | | | | | | 50...5000A | UNILAP ISO 5kV | |

- Izolovano merenje struja transduktorom
 Izolovano merenje napona transduktorom
- Izolovano merenje struja sa sondama
 Bezbedonosna merenja

Tabela 1. Pregled primene elektronskih. transduktora na lokomotivi

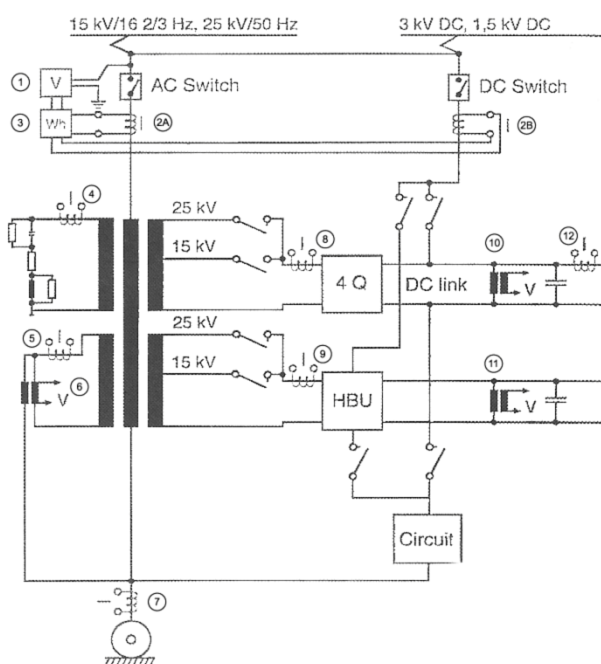
| Na strani koloseka | | | | | | | | Opseg | Proizvodno rešenje |
|--------------------|--------|---------------|--------------|-----------------|--------|----------------------|-----------------------|-------------|--------------------|
| Skretnice | Releji | Snaga | | | Signal | Merenje interference | Ispitivanje izolacije | | |
| | | Merenje snage | CCT prekidač | Punjač baterija | | | | | |
| | | | | | | | | 0...600A | HAL/HAS |
| | | | | | | | | 100...1000A | HTA/HAT |
| | | | | | | | | 1...2000A | LT Serija |
| | | | | | | | | 300...2000A | LF Serija |
| | | | | | | | | 6...25A | LTS |
| | | | | | | | | 300...2000A | MES |
| | | | | | | | | 1...20A | CD Serija |
| | | | | | | | | 0...2000A | RA Serija |
| | | | | | | | | 0...30A | LA-SD Serija |
| | | | | | | | | 100...1000A | LA-SD Serija |
| | | | | | | | | 0...2A | HSCT |
| | | | | | | | | 0...1500V | LV 25/LV30 |
| | | | | | | | | 0...9600V | LV 100/200 |
| | | | | | | | | 0...8000V | CV1/3/4 |
| | | | | | | | | 0...40A | LH 41 |
| | | | | | | | | 2,5...2000A | LH Serija |
| | | | | | | | | 0...3000A | LEM-flex (AC) |
| | | | | | | | | 1...2000A | ANALYST |
| | | | | | | | | 100...1000A | HOMEISO Serija |
| | | | | | | | | 50...5000A | UNILAP ISO 5kV |

- Izolovano merenje struja transduktorom
 Izolovano merenje napona transduktorom
- Izolovano merenje struja sa sondama
 Bezbedonosna merenja

Tabela 2. Pregled primene elektronskih transduktora na železničkoj infrastrukturi

U vezi primene elektronskih transduktora kod železničkih vozila, na slici 4, data su priključna mesta i

namena određenih tipova transduktora.



Slika 4 Karakteristična merna mesta

- 1 Visoko naponski transduktor za prepoznavanje napojne mreže i izlaz za dva brojača energije
- 2A Visoko naponski strujni transduktor za merenje ulazne struje i
- 2B izlaz za brojač energije
- 3 Brojač energije za odvojeno merenje predate i vraćene energije mreži radi obračunavanja stvarno iskorišćene energije
- 4 Strujni transduktor za interferencu
- 5 Strujni transduktor za grejanje
- 6 Naponski transduktor za grejanje
- 7 Strujni transduktor za uzemljenje
- 8 Transduktor ulazne struje za 4-kvadrantno upravljanje
- 9 Transduktor ulazne struje za pomoćni inverter
- 10 Naponski transduktor DC linka glavnog pogona
- 11 Naponski transduktor DC linka pomoćnog invertora
- 12 Detekcija prekostruje u DC linku radi zaštite energetskih poluprovodnika u glavnom pogonu

4. Zaključak

U predstojećoj modernizaciji električnih lokomotiva serije JŽ 441 i JŽ 461, od ugradnje elektronskih mernih transdukatora se očekuje pre svega povećanje bezbednosti i pouzdanosti u vožnji.

LEM transduktori su dizajnirani po najnovijim internacionalnim standardima i nose oznaku CE. Kompanija LEM takođe je nosilac ISO 9000 kvalifikacije, i daje garanciju 5 godina za svoje proizvode.

5. Literatura

- [1] LEM Coporate Communications: "Isolated current and voltage transducers, Geneva, Switzerland, 1999
- [2] LEM Components: "Current and voltage transducers for industrial applications, Geneva, Switzerland, 2001
- [3] LEM Components: "Power electronic components for the railway industry, Publication CH 20100 E (11.005)

VOLTAGE AND CURRENT ELECTRONIC TRANSDUCTORS APPLICATION IN RAILWAY VEHICLES

Resume: *Current and voltage electronic transducers are up to date measuring devices with basic designation to precisely measure current and voltage on the base of Hall effect. Basic technical - technological performances of voltage and current electronic transductor are given in this paper.*

These transductor are provided for mounting in railway electric vehicles series JZ 441 and JZ461 in approaching modernization as well as short view of basic and most applied types electronic transducers manufactured by world famous firm LEM from Switzerland. Detailed view of electronic transductor application in up to date railway vehicles is tabular exposed too.

Key word: *railway, electronic transducers, measuring*

NEKI ASPEKTI REVITALIZACIJE I MODERNIZACIJE TERETNOG KOLSKOG PARKA JŽ

Milutin Milovanović¹, Radoje Lišanin²

Rezime: Potreba da se JŽ posle desetogodišnje izolacije ponovo uključi u međunarodne tokove železničkog saobraćaja inicirala je, a i usmerila aktivnosti stručnjaka JŽ, instituta, fakulteta i industrije ka razrešavanju neophodnih i najnužnijih tehničko-tehnoloških problema, sa ciljem prevazilaženja svih prepreka na tom putu.

Te aktivnosti su rezultirale programiranjem projekta pod nazivom "Revitalizacija i modernizacija teretnog kolskog parka JŽ", koga je Ministarstvo za nauku, razvoj i tehnologije nakon visoke ocene projekta, poverilo na realizaciju Institutu "Kirilo Savić", sa zadatkom da u saradnji sa JŽTP "Beograd" kao korisnikom istraživanja realizuje prihvaćeni program i definiše najneophodnije tehničko-tehnološke intervencije na postojećim teretnim kolima JŽ, kako bi se jedan deo tih kola usaglasio sa međunarodnim standardima i zahtevima, saglasno propisima UIC, RIV i RID, i time omogućili njihov saobraćaj i izvan naših granica.

U ovom članku biće u najkraćim crtama prikazan program rada i idejna tehničko-tehnološka rešenja koja će se morati realizovati u cilju rekonstrukcije i modernizacije na pojedinim tipovima teretnih kola.

Pored toga, cilj ovog članka je i upoznavanje šire stručne javnosti sa programom rada i nekim rešenjima nužnim za uključivanje naših teretnih kola u međunarodni saobraćaj.

Ključne reči: teretna kola, rekonstrukcija, međunarodni saobraćaj

1. UVOD

Posle desetogodišnje izolacije naše zemlje, JŽ imaju priliku i potrebu da se zarad njene funkcije, kako u saobraćaju naše zemlje, tako i u međunarodnom saobraćaju, uključi u međunarodni železnički saobraćaj. Ta činjenica i svakako, neophodna potreba otvorila je čitav niz nerešenih tehničkih pitanja na kojima u ovom trenutku stručnjaci JŽ, naučni radnici instituta i fakulteta aktivno rade na sagledavanju i utvrđivanju svih parametara koje treba tehnički i tehnološki usaglasiti sa međunarodnim propisima. Aktivnosti su u ovom trenutku, pre svega, usmerene ka sagledavanju trenutnog stanja voznog parka po kvalitetu i kvantitetu potreba za određenom vrstom i brojem kola, imajući u vidu planirane količine i vrste roba, izborom vrste i broja postojećih kola za modernizaciju, odnosno uključivanje u međunarodni saobraćaj, pri čemu će zadovoljiti sve zahteve propisane kroz UIC, RIV i RID. Takođe je bitno sagledati efikasne mogućnosti revitalizacije dela teretnog kolskog parka za unutrašnji saobraćaj, utvrditi realne potrebe za kasacijom jednog dela starih kola čija revitalizacija, naravno, ne može biti ekonomski opravdana i konačno, sačinice se predlog potrebnih nabavki novih kola koji će biti usaglašen sa planom, obimom i vrstom prevoza za blisku budućnost.

Oznake:

- JŽ – Jugoslovenske železnice
- JŽTP – Javno železničko-transportno preduzeće
- UIC - Medjunarodna unija železnica
- RIV – Pravilnik o međunarodnoj upotrebi teretnih kola
- RID - Pravilnik za međunarodni prevoz opasnih tereta
- ZJŽ – Zajednica jugoslovenskih železnica
- KPO - kontrolno prijemni organ

Ovaj posao projektovanja i realizacije modernizacije, odvijace se po etapama sa dinamikom koja bi se stalno usaglašavala sa Direkcijom za teretni saobraćaj JŽ, sa jedne strane i sa mogućnostima domaćih remontera.

Projekat "Revitalizacija i modernizacija teretnog kolskog parka JŽ" koji je Ministarstvo za nauku, razvoj i tehnologiju poverilo IKS je samo početak ovog velikog zahvata koje JŽ mora u bliskoj budućnosti da realizuje. Naravno da je kompleksnost problema, pre svega uslovljena stanjem kolskog parka, načinom brige u eksploataciji istog u prethodnom periodu od 10 i više godina i trenutnim mogućnostima naše železnice da efikasno i brzo realizuje projekat saglasno svojim osnovnim potrebama.

Trenutno stanje voznog parka teretnih kola nije lako utvrditi. STATISTIKA JŽ, koja nama treba da posluži kao polazni dokumenat, a koju izdaje ZJŽ, zadnji put je izašla 1991.godine. Na osnovu uvida u trenutno stanje teretnog kolskog parka kojim raspolaže JŽ, može se utvrditi da postoji oko 11.000 dvoosovinskih i četvorosovinskih kola raznih tipova i vrsta. Prema podacima do kojih se može doći, od sadašnjeg broja kola oko 80% je nosilo oznaku RIV i UIC, a oko 60% je bilo kategorisano u režim "S" (što se tiče kočnice) u momentu uključivanja u saobraćaj.

Medjutim, ova kategorizacija kola učinjena je pre 1992.godine. Ako bi 1992.godinu uzeli kao prelomnu godinu od kada se mogu računati vozna sredstva koja pripadaju današnjoj Jugoslaviji, onda treba imati u vidu da je današnja Jugoslavija u tom periodu raspolagala za 17.000-18.000 teretnih vagona u vlasništvu, da je u 90% slučajeva vagonima obezbeđivan efikasan transport (nedostatak se pokazivao samo u kolima za prevoz tečne i rinfuzne robe). U tom periodu, čak i u evropskim okvirima, za Jugoslaviju se smatralo da poseduje moderan teretni kolski park. U međuvremenu, svima je poznato šta se desilo

¹ Prof. dr Milutin Milovanović, Institut "Kirilo Savić", 11000 Beograd, Vojvode Stepe 51, faks 469-51449

² Prof. dr Radoje Lišanin, Institut "Kirilo Savić", 11000 Beograd, Vojvode Stepe 51, faks 469-514

sa vagonima JŽ, a naravno Međunarodna železnička unija je podizala kvalitet, posebno vagona za međunarodni saobraćaj. Mnogi propisi UIC, RIV pooštreni su, odnosno podignuti su na viši nivo zahteva. Evropa uglavnom bitno unapređuje teretni saobraćaj, kako u integralnom smislu, tako i u smislu pojedinačnog transporta. Za to vreme kolski park Jugoslavije, odnosno najveći broj kola stoji van saobraćaja bez ikakve brige. Ta kola su za to vreme kvalitetno propala pa su mnoga izgubila kvalitet i time sada ne zadovoljavaju međunarodne propise. U stvari, pravo stanje stvari tek treba utvrditi budućim istraživanjem, jer se sledeća statistika očekuje tek krajem 2002. godine. Mi ćemo do kraja godine morati uraditi niz aktivnosti i iskoristiti moguće dostupne podatke o svemu onome što interesuje Program realizacije projekta. Nova statistika će konačno pokazati šta imamo a u kakvom je stanju vozni park koji može biti u službi teretnog saobraćaja.

Što se tiče potreba za određenom vrstom i brojem kola za međunarodni saobraćaj za budući dugoročniji period, očekujemo od JŽ, odnosno, pre svega, od ŽTP Beograd da će svoje potrebe dugoročnije planirati u drugoj polovini 2002. godine, sa perspektivom za narednih 10 godina. To će biti neophodna potreba za dobro planiranje i dobru realizaciju projekta.

Prema potrebama JŽ za kolima za međunarodni saobraćaj, što je prioritet, utvrdićemo prvo koji su to zahvati neophodni za izvođenje koji će omogućiti usaglašavanje naših kola sa međunarodnim propisima UIC i RIV i koliko je takvih kola moguće brzo i efikasno osposobljavati. Za početak smatramo da su to uglavnom kola građena od 1980. i nadalje, tj. kola čija je starost oko dvadeset godina i manje. Prema našim procenama takvih kola je oko 4500. S obzirom da mnoga od njih nisu godinama bila korišćena, a i ona koja su u to vreme bila u saobraćaju loše su održavana, te mi njihovo trenutno operativno stanje ne znamo. Ostatak kola, koja ne zadovoljavaju uslove za modernizaciju, osposobiće se za unutrašnji saobraćaj. To su uglavnom kola starosti od dvadeset do četrdeset godina koja su u relativno dobrom stanju i ekonomski se isplati revitalizovati ih i osposobiti za potrebe domaćeg saobraćaja.

Jedan deo najstarijih kola, starijih od četrdeset godina, koja su u takvom stanju da je njihova revitalizacija ekonomski neopravdana, biće predložena za kasaciju. Nakon toga sagledaćemo pravo stanje operativnosti postojećeg teretnog kolskog parka i mogućnosti zadovoljenja potreba JŽ i moći ćemo da, eventualno predložimo nabavku određenog broja novih kola za blisku budućnost.

2. ANALIZA TRENUTNOG STANJA TERETNOG VOZNOG PARKA JŽ

Priprema kola za međunarodni saobraćaj biće obavljena u nekoliko posebnih zahvata.

Najpre se moraju formirati tehnički uslovi za izvođenje modernizacije na kolima za međunarodni saobraćaj. Tehnički uslovi obuhvataju:

- Tehničku dokumentaciju potrebnu za modernizaciju
- Pregled potrebnih probnica i uređaja za ispitivanje
- Postupak predaje kola u saobraćaj
- Pregled radnih operacija za koje je obavezno prisustvo KPO JŽ.

Analiziraju se svi međunarodni propisi za gradnju i uzajamnu upotrebu kola, pogotovo onih novijeg datuma, tj. onih mlađih od 1980. godine. Ova regulativa se objavljuje kroz izdanja UIC normi - Tehnički standardi za gradnju novih kola, RIV propisi za međunarodnu upotrebu kola i RID propisi za regulisanje načina prevoza opasnih tereta u međunarodnom saobraćaju.

Sklopovi na teretnim kolima na koje se međunarodna regulativa za gradnju i upotrebu kola odnosi su:

- osovinski sklop,
- osovinska ležišta,
- opruge ogibljenja u obrtnom postolju,
- tegljenički i odbojni uređaj,
- kočnica i kočničke spojnice,
- obrtna postolja, postolja i sanduk,
- sudovi na kolima sa opremom za utakanje i istakanje i ventili sigurnosti,
- obeležavanje kola.

Mnoga od novije građenih kola zadovoljavala su većinu ovih propisa u momentu gradnje ali posle desetogodišnje eksploatacije u lokalnom – domaćem saobraćaju izgubila su u međuvremenu neka svojstva koja su tada bila nepotrebna jer za domaći saobraćaj nisu bila neophodna.

Da bi se tačno utvrdilo šta kojim kolima nedostaje i šta treba dograditi ili samo osvežiti, moraju sva proći kroz kontrolni pregled. Taj proces, naravno, ne može se obaviti trenutno, to je proces koji će da traje nekoliko godina dok sva kola ne budu prošla kroz radionice za remont. IKS će za tu potrebu pripremiti tehničko-remontnu dokumentaciju sa preciznim uputstvima za rad na modernizaciji predviđenoj za ta kola.

Ova faza podrazumeva i kontrolu primene aktuelnih propisa za gradnju kola i njihovo korišćenje u međunarodnom saobraćaju, kao i obavljanje potrebnih ispitivanja rekonstruisanih kola. Potrebna ispitivanja će biti definisana posebnim programom ispitivanja a biće realizovana nakon nabavke neophodne opreme uz saradnju sa vlasnikom kola. Poseban deo predstavlja definisanje i realizacija ispitivanja zaostalih napona u novougrađenim točkovima na kolima, obzirom da su ova ispitivanja po UIC obavezna od 01.01.2002. godine.

Obim rekonstrukcije kola treba da obuhvati, pored veličine i dinamiku potrebnih sredstava za obavljanje ovih radova kako bi JŽ mogle da obezbede brz i nesmetan rad remontera, a sebi brzo pritanje kola za međunarodni transport. Ovde treba imati na umu da su i remonteri prošli period sankcija kada su radili sa minimalnim kapacitetom, bez ikakve obnove sredstava za rad i sa dosta gubitaka u kvalifikovanom ljudstvu i savremenoj opremi za rad. Ovaj faktor će poprilično ticati na željenu dinamiku i kvalitet u obavljanju ovoga posla bar u prvim godinama rada.

Što se rokova tiče za realizaciju ovoga poduhvata, za sada postoje samo rok za izradu projekta kojim je Ministarstvo obavezalo IKS i koji iznosi 24 meseci. Ostale rokove za realizaciju kompletnog zahvata treba tek utvrditi.

3. TEHNIČKI USLOVI ZA TERETNA KOLA U UNUTRAŠNJEM SAOBRAĆAJU

Priprema teretnih kola za unutrašnji saobraćaj svodi se na odvajanje kola, starijih od četrdeset godina, koja su do te mere rabaćena da nema ekonomskog interesa za revitalizaciju od onih mlađih i manje oštećenih koja je

moгуће revitalizovati u domaćim remontnim radionicama. Za ova kola nadležna je regulativa JŽ (pravilnici, propisi i sl.) i JUS za eksploataciju, tekuće i investiciono održavanje. Ovakvih kola otprilike ima oko 6500. Naravno, i sva ova kola moraju proći kontrolne preglede u remontnim radionicama da bi sva bila osposobljena za normalnu eksploataciju u domaćem saobraćaju. Ovaj proces se odvija svakodnevno i na naš kolski park se polako normalizuje prema unutrašnjim potrebama i propisanom nivou kvaliteta. Nivo usluga remontnih radionica nije još na zadovoljavajućem nivou ali očekuje se i na tome planu normalizacija stanja.

S obzirom da pouzdanu eksploataciju možemo obezbediti samo kvalitetnim remontom, to je osposobljavanje kolskog parka za potrebe savremene eksploatacije nužno vezano za osposobljavanje remontera za pružanje brže i kvalitetnije usluge JŽ.

Najvažniji segment u osposobljavanju kola i remontera za ekonomski opravdanu eksploataciju je pitanje organizovane proizvodnje i distribucije kvalitetnih rezervnih delova. Međutim, to je posebno pitanje koje svojim značajem zahtev naročiti tretman.

4. GLOBALNI PLAN RADA NA OBNOVI TERETNOG KOLSKOG PARKA JŽ SA MOGUĆNOŠĆU PRAĆENJA REALIZACIJE

Ovako složen zadatak zahteva brižljivu pripremu, precizno planiranje i efikasnu logističku podršku. Projekat koji realizuje IKS samo je početak rada ali i veoma važan deo posla. Uspešnom realizacijom projekta otvaraju se i ostali delovi ovoga zahvata u kojima bi IKS trebalo da odigra značajnu ulogu koordinatora aktivnosti, garanta kvaliteta i organizatora logističke podrške za obavljane poslove. Uređenjem teretnog kolskog parka JŽ omogućava se vraćanje teretnog železničkog saobraćaja u nekadašnje okvire uspešnosti ove važne privredne grane.

LITERATURA

- [1] UIC propisi za gradnju teretnih kola
- [2] RIV propisi za upotrebu kola u međunarodnom saobraćaju
- [3] RID propisi za međunarodni prevoz opasnih tereta
- [4] STATISTIKA JŽ za 1992.god.

SOME ASPECTS OF REVITALIZATION AND MODERNIZATION OF THE FREIGHT CARS OF YUGOSLAV RAILWAYS

Milutin Milovanović, Radoje Lišanin

Abstract: The need of involving into international railway traffic, after the years of isolation, initialized and directed the activities of the experts of Yugoslav railway, institutes, faculties and industry to the solving of inevitable basic technological problems, in order to overcome all the obstacles on that way.

Those activities resulted in the programming of the project whose title is "Revitalization and modernization of freight cars of Yugoslav railway", directed to the Institute "Kirilo Savic", after the favorable evaluation performed by the Ministry of Science, Technology and Development. The task of the institute is to realize, together with Yugoslav railway, as the customer, the accepted program and to define basic technical-technological interventions on the existing freight cars of Yugoslav railway, in order to homologate a number of those cars with international standards and requirements, according to the regulations of UIC, RIV and RID, and enable their traffic outside of our borders.

In the paper, the program of activities will be presented in brief, as well as the technical-technological solutions that are to be realized in order to reconstruct some types of freight cars. Apart from that, the aim of this paper is to introduce the public into the activities program and some solutions essential for the inclusion of our freight cars into international traffic.

Key words: Reconstruction, International Railway traffic, Freight car

PRILOG MODIFIKACIJI ELEKTRO-LOKOMOTIVA SERIJE 441

Vladimir Šašić¹, Vladimir Aleksandrov²

Rezime: U uvodnom delu rada iznete su osnovne postavke značaja i potrebe za modifikacijom elektrolokomotive serije 441, a u centralnom delu rada - opis predloga rešenja modifikacije od strane proizvođača ove serije lokomotiva.

Ključne reči: železnica, elektrolokomotive, održavanje lokomotiva, modifikacija lokomotiva.

1. UVOD

Elektrolokomotiva serije 441 predstavlja najmasovniju seriju vozničkih elektro-lokomotiva na JŽ (vozni park - 94 lokomotiva). Lokomotive su proizvod firme "KONČAR - ELEKTRIČNE LOKOMOTIVE", D.D. (Zagreb - Hrvatska), po licenci švedske firme ASEA. Prosečna starost lokomotiva ove serije iznosi oko 25 godina. Imobilizacija ovih lokomotiva je enormno visoka i u stalnom porastu (1990 - 29%, 1995 - 68% , dok se ova u svetu kreće oko 7-10%).

Poseban vid održavanja železničkih vozila su modifikacije i rekonstrukcije elektro-lokomotiva. Prosečna starost i stepen imobilizacije lokomotiva serije 441 navodi na neophodnost modifikacije modernizacijom pojedinih njenih sklopova i uređaja, a uslovljene razvojem tehnike i tehnologije u međuvremenu (od dana proizvodnje lokomotiva do danas). Jedno od ovih rešenja je i predlog modifikacije ove serije lokomotiva od strane proizvođača, čiji skraćeni tehnički opis sledi.

2. TEHNIČKI OPIS MODIFIKACIJE ELEKTRO-LOKOMOTIVE SERIJE 441

Elektrolokomotiva JŽ serije 441 je lokomotiva sa diodnim ispravljačima. Okosnicu predložene modernizacije od strane proizvođača čini tiristorizacija prilikom glavne opravke (GO) lokomotive. Rešenje koje se predlaže već je uspešno sprovedeno kod modernizacije elektro-lokomotiva ove serije na Hrvatskim železnicama (HŽ).

Na HŽ izvršena je tiristorizacija lokomotive serije 1141 (JŽ 441) po uzoru na, već svima nama dobro poznatu, "domaću" tiristorsku lokomotivu serije 442. Modernizovana lokomotiva je izvedena za maksimalnu brzinu od 120 km/h, a moguća su rešenja i za brzine od 140, odnosno 160 km/h. Tehničke karakteristike tiristorizovane lokomotive prikazane su u tabeli 1, u Prilogu.

Dispozicija modifikovane lokomotive, sa rasporedom opreme, prikazana je na slici 1, raspored opreme u upravljačnici - na slici 2, u Prilogu ovog rada.

3. OPIS MEHANIČKOG DELA LOKOMOTIVE

a) Obrtna postolja

Obrtna postolja su konstruisana tako da mogu da izdrže, pored svih mehaničkih opterećenja pri vuči i kočenju, i ubrzanja maksimalnog iznosa 5g. Obrtno postolje se sastoji od rama, kolevke, centralnog svornjaka, vešalica kolevke, jarmova sa vučnim motkama, elemenata primarnog i sekundarnog ogibljenja, mehaničkog dela kočnice i osovinskih sklopova. U svakom postolju su ugrađeni vučni motori, davači brzine, četkice za uzemljenje i uređaj za podmazivanje venaca točkova. Jedno od obrtnih postolja ima i polugu za vezu sa ručnom kočnicom.

b) Sanduk lokomotive

Sanduk lokomotive sa donjim postoljem čini jedinstvenu zavarenu samonoseću konstrukciju, a sastoji se iz "mašinskog" dela i dve upravljačnice. Na gornjoj strani upravljačnice nalaze se tri krovna poklopca, koji omogućavaju ugradnju i zamenu opreme. Sanduk ima četvoro ulaznih vrata (po jedna na svakoj upravljačnici i po jedna na svakoj strani mašinskog prostora). Sva ulazna vrata se zatvaraju iznutra, a samo vrata upravljačnice "A" imaju spoljnu cilindarsku bravu kojom se zaključava lokomotiva. Svaka upravljačnica ima po dva čeonu, vazduhom grejana prozora, po dva bočna pokretna prozora (koji se, takođe, iznutra zabravljaju) i jedan prozor na vratima, a u mašinskom delu na svakoj strani po jedan preklopni i tri nepokretna okrugla prozora. Čeonu prozori su sa oknima od specijalnog višeslojnog stakla. Sa obe strane svake upravljačnice, spolja, ugrađeno je po jedno bočno ogledalo. Na postolju lokomotive nalaze se ugrađeni rezervoari peska za peskarenje

c) Kočna i elektropneumatska oprema

Komprimovani vazduh se koristi za kočenje lokomotive i voza, kao i za pogon ostalih pneumatskih i elektro-pneumatskih uređaja, i to za: podizanje pantografa, uključivanje i isključivanje glavnog prekidača, peskarenje, davanje zvučnih signala, pranje i brisanje čeonih stakala, uključivanje i isključivanje elektropneumatskih sklopki i podmazivanje venaca točkova. Većina delova i kontrolnih uređaja, kao i uređaji za raspodelu komprimovanog vazduha, nalaze se na pneumatskom stalku (kočnoj tabli) u mašinskom prostoru lokomotive. Proizvodnju komprimovanog vazduha obezbeđuje vijčani kompresor (kapacitet 3450l/min) pogonjen trofaznim asinhronim motorom. U pneumatski blok su, pored agregata vijčanog kompresora, ugrađeni i elementi za sušenje i prečišćavanje

¹ Vladimir Šašić, dipl. maš. inž, SI CIP, Nemanjina 6/IV, 11000 Beograd

² Vladimir Aleksandrov, dipl. maš. inž, Beograd, Prote Mateje 40A

komprimovanog vazduha. Lokomotiva ima glavni vazdušni rezervoar zapremine 800l, pomoćni rezervoar zapremine 200l i još nekoliko manjih rezervoara za potrebe upravljanja. Pneumatska kočnica je sistema Oerlikon-MZT, dvostepena je, opremljena je kočnicama automatske kočnice tipa FV4a i kočnicama direktne kočnice tipa FDI. Kočna oprema u obrtnom postolju sastoji se od kočnih cilindara i sistema poluga sa kočnim umecima od sivog liva, i to posebno za svaki osovinski sklop. Pomoćni kompresor obezbeđuje potrebnu količinu vazduha za podizanje pantografa i uključivanje glavnog prekidača, ukoliko u glavnom rezervoaru nema komprimovanog vazduha. Pogoni se motorom na istosmernu struju koji se napaja električnom energijom iz akumulatorskih baterija lokomotive. Kod svakog zavođenja postepenog kočenja kočnikom automatske kočnice, pri brzinama iznad 10km/h, na lokomotivi se uključuje električna kočnica bez obzira na položaj kontrolera za vožnju i električno kočenje, a u vozu se aktivira pneumatska kočnica. Električna kočnica zamenjuje pneumatsku kočnicu lokomotive u čitavom opsegu postepenog kočenja, štedeći tako kočne umetke i točkove od habanja. U Prilogu, na slici 3, prikazana je šema kočne i elektropneumatske opreme lokomotive. Značenje pozicija na šemi prikazano je u Specifikaciji kočne i elektropneumatske opreme, koja se smatra sastavnim delom šeme.

4. OPIS ELEKTRIČNE OPREME NA LOKOMOTIVI

a) Visokonaponska oprema

Sva visokonaponska oprema dimenzionisana je za nominalni napon kontaktne mreže od 25kV, 50Hz, prema IEC propisima za električnu vuču. Visokonaponska oprema je smeštena na krovu i sastoji se od: dva pantografa laktaste konstrukcije, krovnog rastavljača i dva noža za izbor pantografa za napajanje lokomotive, visokonaponskog mernog transformatora, glavnog prekidača, odvodnika prenapona, strujnog mernog transformatora i dvopolnog rastavljača za uzemljenje (posluhuje se iz mašinskog dela sanduka lokomotive), opremljen0 bravama sa ključevima. Tek kada je lokomotiva propisno uzemljena ključ iz rastavljača za uzemljenje se može izvaditi i njime otvoriti pojedini stalci i ormani sa električnom opremom lokomotive. Visoki napon se sa krova dovodi kroz provodni izolator (u koji je ugrađen i strujni merni transformator) na primarni namotaj glavnog transformatora. Drugi kraj primarnog namotaja glavnog transformatora spojen je preko prigušnice za uzemljenje i četkica za uzemljenje sa osovinskim sklopovima, odnosno preko točkova sa šinama koje predstavljaju povratni vod visokonaponskog strujnog kruga 25kV, 50Hz.

b) Glavni elektromotorni pogon

Glavni, elektromotorni pogon se sastoji od četiri vučna motora sa serijskom pobudom, koji se napajaju iz tiristorskih ispravljača, priključenih na glavni transformator. Glavni transformator je jednofazni transformator sa prinudnim hlađenjem uljem. Pored primarnog, transformator ima i šest sekundarnih namotaja: četiri namotaja za napajanje vučnih motora i po jedan namotaj za napajanje pobude kočenja, namotaj za električno grejanje voza i pomoćnog pogona. Transformator sa ostalom mernom,

zaštitnom i prekidačkom opremom (koja je ugrađena na transformator) čini jedan blok. Pogon se može podeliti na dve indentične dvomotorne jedinice. Svaka jedinica ima po dva motora, napajaju se iz dva serijski spojena poluupravljava tiristorska ispravljača u mosnom spoju. Tiristorski ispravljači ugrađeni su u stalke vučnih motora. Tiristori i diode ispravljača hlade se vazduhom i nalaze se u istom vazdušnom kanalu sa njima pripadajućim motorom. U krugu svake dvomotorne jedinice nalaze se i dve prigušnice pripadajućih vučnih motora, sklopke za režim rada vuče i sklopke za režim električnog kočenja, menjač merna i odgovarajuća merna i zaštitna oprema. Po dva otpornika za električno kočenje ugrađena su zajedno sa ventilatorima za prinudnu ventilaciju i odgovarajućom zaštitnom opremom, smeštenom na stalke. Sva elektronska oprema glavnog elektromotornog pogona objedinjena je u posebnom ormanu.

c) Sistem za upravljanje, merenje i zaštitu

Sistem za upravljanje diodnom lokomotivom sa visokonaponskom sklopkom je, na tiristorizovanoj lokomotivi, u potpunosti zamenjen. Primenjeno je upravljanje i regulacija glavnog elektromotornog pogona preko mikroprocesora. Uređaj prima komande od strane mašinovođe, vrši obradu ulaznih podataka stanja pogona i zadaje komande za uključenje (ili isključenje) pojedinih uređaja prema zadatom programu, pri čemu vrši i kontrolu izvršenja komandi, te uključuje odgovarajuću signalizaciju na upravljačkom pultu ili na signalnoj tabii. Takođe se koristi i mogućnost registrovanja važnijih događaja u pogonu, čime je bitno olakšan rad osoblju na održavanju.

Oprema za merenje osigurava signale struje i napona glavnog elektromotornog pogona za obradu u opremi regulacije i opremi za zaštitu, galvanski odvojene od energetske kruga.

Oprema za zaštitu štiti sve komponente glavnog i pomoćnog pogona od neregularnih stanja. Primenjuje se za zaštitu u krugu glavnog elektromotornog pogona.

d) Sistem za regulaciju glavnog elektromotornog pogona

Sistem regulacije glavnog elektromotornog pogona diodne lokomotive bio je baziran na visokonaponskoj regulacionoj sklopki. On je omogućavao jedino istovremenu promenu napona na sva četiri pogonska motora, a za delotvornu protivkliznu zaštitu bila je preterano spora.

Izbacivanjem visokonaponske sklopke i uvođenjem kontinualne regulacije napajanja vučnih motora sa mogućnošću delovanja na svaku dvomotornu jedinicu pojedinačno, bitno su povećane mogućnosti pogona, ali time i složenost samog sistema regulacije. Blok-šema sistema regulacije glavnog elektromotornog pogona realizovana je mikroprocesorski. Referentnu brzinu daje mašinovođa potencijetrom na upravljačkom pultu. Regulator brzine omogućava automatsko uključivanje električnog kočenja u iznosu potrebnom za održavanje zadate brzine odnosno povratak u režim vuče, u zavisnosti od konfiguracije terena.

e) Pomoćni elektromotorni pogon i električno grejanje voza

Pomoćni pogon se napaja iz statičkog pretvarača trofaznim naponom, koji snabdeva pojedine grupe

potrošača (kompresor, ventilator, pumpe). Pretvaračem upravlja poseban mikroprocesor. U zavisnosti od spoljne temperature i struje vučnih motora vrši se regulacija ventilacije vučnih motora. Motori pomoćnog pogona podeljeni su, prema funkciji, u više samostalnih grupa. Prvoj grupi pripadaju gornji i donji motori ventilatora vučnih motora. Drugoj grupi pripadaju motori ventilatora elektrootporničke kočnice. Treću grupu čini motor glavnog kompresora. Osim navedenih grupa motora, postoji i grupa motora koja se uključuje u trenutku dizanja pantografa i radi neprekidno. Tu grupu sačinjavaju uljna pumpa za prinudnu cirkulaciju ulja za hlađenje glavnog transformatora, motor ventilatora rashladnog bloka glavnog transformatora i motori ventilacije pretvarača, kao i, po potrebi, grejanje ili klimatizacija upravljačnice. Za potrebe ispitivanja u depou, pomoćni pogon se može napajati iz stabilne mreže 380V 50Hz, preko radioničkog priključka. Električno grejanje voza napaja se sa posebnog sekundara glavnog transformatora, naponom od 1500V, 50Hz. Uključuje se jedнопolnom elektro-pneumatskom sklopom.

f) Pomoćni uređaji

Za napajanje upravljačkih strujnih krugova, krugova osvetljenja, itd. koristi se akumulatorska baterija od 72V. Baterija je smeštena u sanduku ispod lokomotive i sastoji se od 55 NiCd ćelija, kapaciteta 86Ah. Baterija se stalno dopunjava preko tiristoriskog punjača smeštenog uz bok glavnog transformatora. Punjač može da puni bateriju i preko radioničkog priključka. Za grejanje, hlađenje i ventilaciju upravljačnica, u njihovom plafonu je ugrađen po jedan klima uređaj koji automatski održava konstantnu temperaturu, nezavisno od spoljne temperature.

6. PRILOG

Tabela 1 Tehničke karakteristike modifikovane – tiristoriske lokomotive serije 441

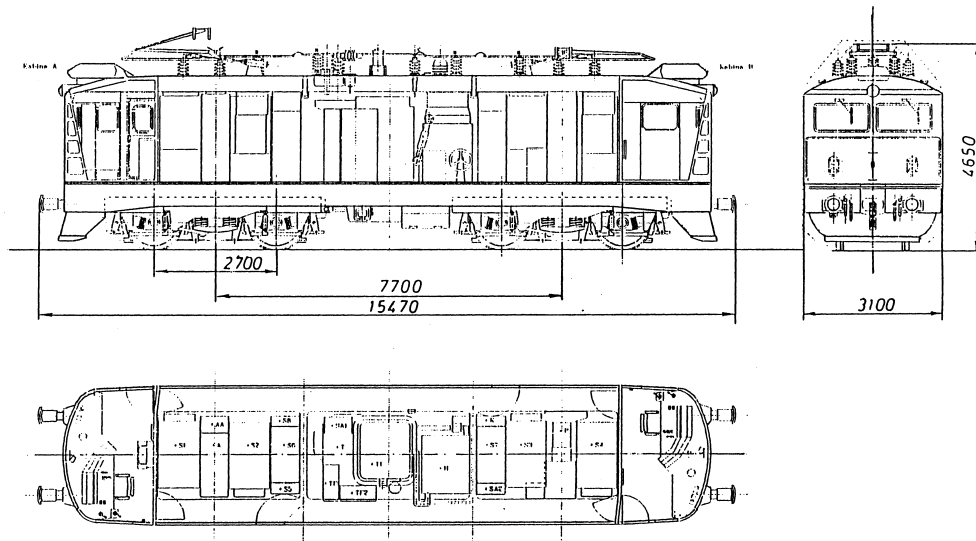
| | |
|---|-------------|
| Proizvođač | KONČAR |
| Širina koloseka | 1435 mm |
| Dužina preko odbojnika | 15 470 mm |
| Širina sanduka | 3100 mm |
| Maksimalna visina sa spuštenim pantografom | 4650 mm |
| Razmak između svornjaka obrtnih postolja | 7700 mm |
| Razmak između osovina u obrtnom postolju | 2700 mm |
| Prečnik novog/ istrošenog točka | 1250/1140mm |
| Masa lokomotive | 82 t |
| Najveće opterećenje po osovini | 20,5 t |
| Masa oba obrtna postolja sa vučnim motorima i reduktorima | cca 36t |
| Masa sanduka sa opremom | cca 46 t |
| Najmanji poluprečnik krivine pri $v = 5\text{km/h}$ | 90 m |
| Najmanji poluprečnik krivine pri $v = 40\text{km/h}$ bez nadvišenja spoljne šine | 180m |
| Najmanji poluprečnik krivine pri $v = 60\text{ km/h}$ sa nadvišenjem spoljne šine | 180m |
| Najmanji poluprečnik krivine u vertikalnoj ravni | 250m |
| Maksimalna brzina | 120km/h |
| Prenosni odnos reduktora | 1: 3,65 |
| Nazivni napon | 25kV |
| Maksimalni radni napon | 27,5kV |
| Minimalni radni napon | 19,0kV |
| Kratkotrajno dozvoljeni napon | 17,5kV |
| Trajna snaga lokomotive u vuči | 3860 kW |

5. ZAKLJUČAK

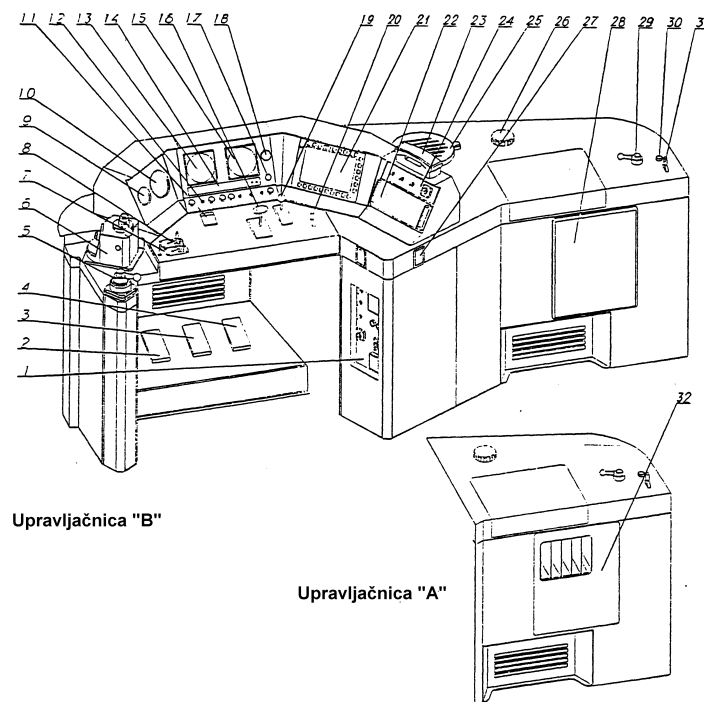
Imajući u vidu starostnu strukturu inventarskog parka ove serije, može se reći da su radni resursi delova, sklopova, uređaja i agregata lokomotiva, naročito kod pojedinih podserija, na donjoj (nezadovoljavajućoj i nedozvoljenoj) granici. Prema tome, čini se da je revitalizacija dobrog dela lokomotiva ove serije modifikacijom, više nego neophodna i, u svakom slučaju, svrsishodna i potpuno opravdana. Međutim, pritom se postavlja, sasvim opravdano pitanje potrebe, obima, odnosno stepena modifikacije, odnosno, modernizacije. Osnovno pitanje je koliko je, tj. u kojoj meri, opravdana zamena postojećih agregata novim, savremenijim, ali i veoma skupim, koji će sigurno nadživeti osnovne konstrukcione celine vozila - sanduka i obrtnih postolja. Potrebno je, dakle, iznaći neko optimalno rešenje modernizacije, a da pri tom ne bude ugrožena potrebna pouzdanost vozila u celini, posebno sa aspekta bezbednosti saobraćaja, što nije nimalo lak posao.

Ne omalovažavajući ničlje ponuđeno rešenje za modernizaciju lokomotive ove serije i ne favorizujući nijednog od ponuđača, autori ovog rada za izvođenje radova na modifikaciji ove lokomotive daju prednost napred opisanom rešenju "KONČAR"-a, proizvođaču lokomotiva (naravno samo sa tehničkog aspekta), jer smatraju da niko ne poznaje tako dobro jedan proizvod (njegove dobre i loše strane) kao njegov proizvođač. Drugo, moglo bi se reći da je ovde pre reč o jednoj kvantitativnoj i kvalitativno proširenoj glavnoj opravi (GO), nego o nekoj "radikalnoj" modifikaciji, ako se izuzme srž modifikacije - tiristorizacija diodne lokomotive.

| | |
|--|-----------------|
| Časovna snaga | 4080kW |
| Trajna snaga elektrootporničke kočnice | 1740kW |
| Granične vrednosti temperature okoline | -25°C do +40° C |
| Maksimalna vučna sila (za maksimalnu brzinu od 120 km/h) | 275kN |

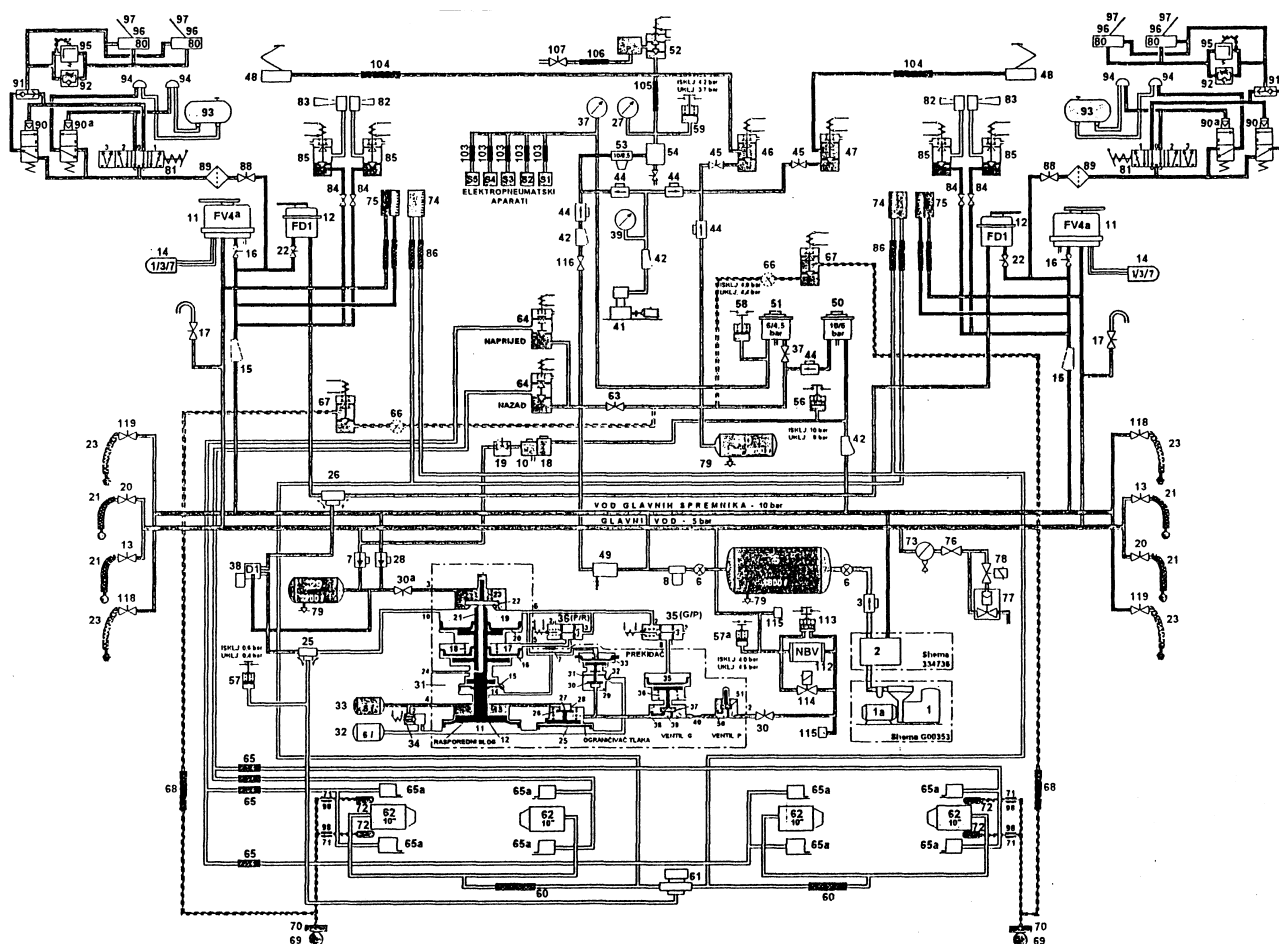


Slika 1. Dispozicija elektro-lokomotive serije 441 sa rasporedom opreme (predlog modifikacije)



Slika 2. Raspored opreme u upravljačnici elektro-lokomotive serije 441 (predlog modifikacije): 1 - vrata+F3; 2 - pedala budnika; 3 - pedala peskare; 4 - pedala sirene; 5 - direktni kočnik; 6 - automatski kočnik; 7 - ručica sirene; 8 - uređaj za pranje i brisanje stakala; 9 - manometar (pritisak u kočnim cilindrima); 10 - manometar (pritisak u glavnom vodu i rezervoaru); 11 - držač reda vožnje; 12 - dugmad i prekidači; 13 - pokazivač sile vuče i kočenja; 14 - signalna tabla; 15 - pokazivač brzine; 16 - glavni kontroler; 17 - isključivač glavnog prekidača; 18 - isključivač u slučaju opasnosti;

19 - birač smera vožnje; 20 - davač brzine; 21 - displej; 22 - radio uređaj; 23 - slušalica radio uređaja; 24 - upravljačka tabla osvetljenja; 25 - rešo; 26 - rezervoar za vodu; 27 - pepeljara; 28 - hladnjak; 29 - slavina za slučaj opasnosti; 30 - dugme budnika; 31 - pomoćni kontroler; 32 - ormarić za alat;



Slika 3. Šema kočne i elektro-pneumatske opreme elektro-lokomotive serije 441 (predlog modifikacije)

SPECIFIKACIJA

kočne i elektro-pneumatske opreme elektro-lokomotive serije 441 (predlog modifikacije)

- | | |
|--|---|
| 1. Glavni kompresor | autonatskog kočnika |
| 1a. Elektromotor glavnog kompresora | 26. Dvostruko nepovratni ventil između oba direktna kočnika |
| 2. Uređaj za sušenje vazduha | 27. Manometar pritiska u vodu glavnog prekidača |
| 3. Nepovratni ventil | 28. Nepovratni ventil za punjenje pomoćnog rezervoara |
| 4. Glavni rezervoar (800l) | 29. Pomoćni rezervoar (200l) |
| 6. Kuglasta slavina | 30. Isključna slavina rasporednika |
| 7. Nepovratni ventil za punjenje pomoćnog rezervoara iz Gv | 30a. Isključna slavina pomoćnog rezervoara |
| 8. Raspršivač alkohola | 31. Rasporednik LStl |
| 10. Izvršni pneumatski ventil budnika | 32. Rezervoar radne komore (6l) |
| 11. Kočnik automatske kočnice FV4a | 33. Rezervoar komore glavnog voda (6l) |
| 12. Kočnik direktne kočnice FDI | 34. EP ventil za brzo otkočivanje automatske kočnice |
| 13. Čeona slavina, leva | 35. EP ventil za uključivanje režima G/ P |
| 14. Kombinovani rezervoar kočnika | 36. EP ventil za uključivanje režima P/ R |
| 15. Prečistač vazduha | 37. Manometar pritiska u vodu EP aparata |
| 16. Isključna slavina direktne kočnice | 38. Prenosač pritiska |
| 17. Slavina za kočenje u slučaju opasnosti | 39. Manometar pritiska u vodu pomoćnog kompresora |
| 18. EP ventil budnika | 40. Rezervoar zbijenog vazduha za pomoćne uređaje |
| 19. Slavina sa mikroprekidačem za isključenje budnika | 41. Pomoćni kompresor |
| 20. Čeona slavina, desna | 42. Prečistač vazduha |
| 21. Spojno crevo glavnog voda (GV) | 44. Nepovratni ventil |
| 22. Isključna slavina automatskog kočnika | 45. Isključna slavina pantografa |
| 23. Spojno crevo napojnog voda (NV) | 46. EP ventil za upravljanje oduzimačem struje "A" |
| 25. Dvostruko nepovratni ventil između direktnog i | 47. EP ventil za upravljanje oduzimačem struje "B" |

- | | |
|--|--|
| 48. Cilindar pantografa | 80. Brisač čeonog stakla |
| 49. Ispusna slavina za ulje i vodu | 81. Komandni ventil brisača stakla |
| 50. Reducir ventil za pomoćne uređaje | 82. Sirena, visokotonska |
| 51. Reducir ventil za pomoćne uređaje | 83. Sirena, niskotonska |
| 52. Glavni prekidač | 84. Isključna slavina sirena |
| 53. Reducir ventil glavnog prekidača | 85. EP ventil sirena |
| 54. Prečistač | 86. Gumeno crevo |
| 56. Sklopka za upravljanje radom glavnog kompresora | 87. Isključna slavina EP aparata |
| 57. Sklopka za isključenje vučnih motora kod pneumatskog kočenja | 88. Isključna slavina uređaja za pranje i brisanje stakala |
| 57a. Sklopka za zaštitu od vožnje sa zakočenom lokomotivom | 89. Prečistač vazduha uređaja za pranje brisanje stakala |
| 58. Sklopka za zaštitu EP aparata | 90. Razvodni ventil (3/2) uređaja za brisanje |
| 59. Pritisna sklopka | 90a. Razvodni ventil (3/2) uređaja za pranje |
| 80. Gumeno crevo | 91. Dvostruko nepovratni ventil |
| 61. Sigurnosni ventil za zaštitu gumenog creva od pucanja | 92. Prigušni nepovratni ventil |
| 62. Kočni cilindar | 93. Rezervoar za vodu uređaja za pranje |
| 63. Isključna slavina voda peskare | 94. Pumpa sa brizgaljkom uređaja za pranje |
| 64. EP ventil za upravljanje peskare | 95. Reducir ventil |
| 65. Gumeno crevo | 96. Držač metlice |
| 66. Isključna slavina voda za podmazivanje venaca točkova | 97. Metlica brisača |
| 67. EP ventil za upravljanje uređajem za podmazivanje venaca točkova | 98. Gumeno crevo |
| 68. Gumeno crevo | 103. Gumeno crevo |
| 69. Rezervoar ulja | 104. Gumeno crevo |
| 70. Mazalica | 105. Gumeno crevo |
| 71. Fleksibilno crevo | 106. Gumeno crevo |
| 72. Brizgaljka | 107. Slavina za ispuštanje kondenzata iz glavnog prekidača |
| 73. Prečistač vazduha auto-stop uređaja | 112. Zadržni kočni ventil za usporeno dejstvo vazdušne kočnice |
| 74. Dvostruki manometar za kočne cilindre | 113. Diferencijalna pritisna sklopka uređaja za koordinaciju električne i pneumatske kočnice |
| 75. Dvostruki manometar za glavni i napojni vod | 114. EP ventil za isključenje električne kočnice pri $v < 10\text{km/h}$ |
| 76. Isključna slavina auto-stop uređaja | 115. Probni priključak |
| 77. Ventil za kočenje auto-stop uređajem | 116. Isključna slavina za isključenje glavne sklopke |
| 78. Auto-stop uređaj | 118. Čeona slavina, leva |
| 79. Pneumatski ventil za ispuštanje kondenzata iz rezervoara | 119. Čeona slavina, desna |

LITERATURA:

- [1] Aleksandrov V: Održavanje železničkih vozila. ŽELNID, Beograd, (2000).
- [2] Grišković I i dr: " Tehnički opis za modernizaciju i glavni popravak električnih lokomotiva Bo'-Bo' serije 441". Končar, Zagreb, (2001).
- [3] Prospekti firme KONČAR.

ENCLOSURE TO MODIFICATION OF ELECTRIC LOCOMOTIVES SERIES 411

Vladimir Šašić, Vladimir Aleksandrov

Abstract – In the introductory part given are basic assumptions of significance and needs for modification of electric locomotives Series 441, whereas in the main part of this paper – description of proposal of solution for modification by the manufacturer of this locomotives series.

Key words – railway, electric locomotives, locomotive maintenance, locomotive modification.

МОДЕРНИЗАЦИЈА ВОЗНИХ СРЕДСТАВА ПРИМЕНОМ ГПС ТЕХНОЛОГИЈЕ

Драгослава Стевановић¹

Резиме: У раду је описана могућност примене најновијих достигнућа из области телекомуникационих и информационих технологија при модернизацији возних средстава. ГПС, мобилна комуникација, рачунарски системи омогућавају праћење кретања воза у реалном времену, што би могло значајно да допринесе смањењу утицаја људског фактора као узрочника несрећа а самим тим подигне ниво безбедности на железници.

Кључне речи: железница, ГПС, модернизација, безбедност

1. УВОД

Телекомуникационе и информационе технологије, које су се у последњих неколико година веома брзо развијале, неминовно су нашле примену и у саобраћају. Тако је дошло до стварања ИТС (Intelligent Transport Systems). Управљање и контрола процеса помоћу рачунара, рачунарске мреже, географски информациони системи (ГИС) са просторним базама података, навигација помоћу вештачких сателита итд. могу значајно да допринесу већој ефикасности и безбедности железничког саобраћаја. У овом раду ћу покушати бар да подстакнем на размишљање о неминовности што скорије примене предности које нам се нуде овим савременим технолошким достигнућима да би и наша железница постала део ИТС-а.

2. ЉУДСКИ ФАКТОР КАО УЗРОК НЕСРЕЋА

Железничка сигнализација је у великом раскораку са савременим технолошким достигнућима. Несреће се углавном догађају због непостојања ефикасног система који би упозорио машиновођу или зауставио воз, помоћу даљинске контроле/управљања у случају потенцијалне опасности. Помоћу железничких радио веза може да се смањи број незгода у неким случајевима али фактор људске грешке је још увек присутан у информационом ланцу између машиновође и диспечера. Смањењу утицаја људског фактора као узроку несрећа могли би значајно да допринесу савремена технолошка достигнућа из област сателитске навигације, мобилне комуникације итд.

3. САТЕЛИТСКА НАВИГАЦИЈА

Помоћу система вештачких сателита, који се по тачно дефинисаним путањама крећу око Земље и чије су позиције познате, може се одредити позиција, брзина и тачно време 24 часа дневно, било ком кориснику, свеједно да ли се он креће или мирује и да ли се налази се на копну, мору или у ваздуху независно од временских услова.

Сателитски навигациони систем ратне морнарице САД је први у свету сателитски навигациони систем (Navy Navigational Satellite System-NNSS). После њега појавила су се још два система, НАВСТАР ГПС америчког министарства одбране (NAVigation Satellite Timing And Ranging Global Position System) и руски систем ГЛОНАСС (GLObal Navigation Satellite System). Ови сателитски системи имају два главна поља примене:

- Војна примена за ауторизоване кориснике
- Цивилна примена, која је доступна свим корисницима без икаквих обавеза према одговарајућим министарствима одбране.

Сервиси који се нуде цивилним и војним корисницима разликују се у прецизности.

Многи цивилни корисници, у циљу постизања веће тачности, користе комбинацију ГПС [1] и ГЛОНАСС. Свакако да се у зависности од тога, који се систем користи разликују и пријемници којима су опремљени корисници.

4. АРХИТЕКТУРА СИСТЕМА ЗА ГЛОБАЛНО ПОЗИЦИОНИРАЊЕ

Систем за глобално позиционирање се састоји од три сегмента .

Свемирски сегмент је систем од 24 сателита у шест орбиталних равни, на висини од 20200 км изнад земље. Орбиталне равни заклапају са екватором угао од 55⁰. Сателит облеће земљу за 12 сати.

Контролни(управљачки) сегмент, који управља целим системом, састоји се од пет станица за праћење, три земаљске антене и главне контролне станице.

Станица за праћење континуално мере растојање од свих сателита из видокруга. Ове информације се обрађују у главној контролној станици, одређују се орбите сателита да би се формирала навигациона порука о корекцији орбита. Помоћу земаљских антена информације о корекцији се преносе до сателита.

Кориснички сегмент кориснику обезбеђује прецизно време и одређује позицију(локацију). Он се састоји од антена и пријемника. Одређивање локације објекта се врши на основу мерења растојања од најмање 4 ГПС

¹Драгослава Стевановић, дипл.инж.ел., Институт "27. јануар", 18000 Ниш, Генерала Милојка Лешјанина 39, dragst@ptt.yu

сателита, решавањем система од 4 једначине са 4 непознате (X, Y, Z и време).

5. ДАЉИНСКИ НАДЗОР БРЗИНЕ КРЕТАЊА ВОЗА И ОДРЕЂИВАЊА ЊЕГОВЕ ЛОКАЦИЈЕ У РЕАЛНОМ ВРЕМЕНУ

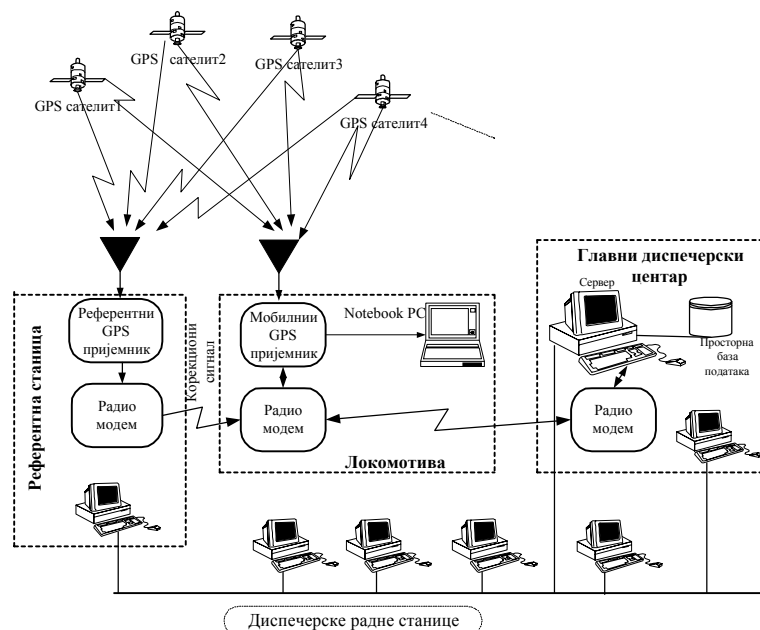
Користећи податке које добија од система сателита мобилни ГПС уређај, којим је опремљена локомотива (мобилни ГПС уређај-снабдевен ГПС пријемником и антеном), одређује своју позицију [2]. Подаци се нпр. радио везом или радиомодемом преносе у диспечерски центар и на екрану диспечерске радне станице на дигитализованој карти се приказује позиција воза и његова брзина. Ако би се сваки воз обележио одговарајућим маркером, бојом и ознаком, преносом тачне локације у диспечерском центру се аутоматски ажурира положај маркера на дигитализованој карти, чиме диспечер има визуелни приказ кретања воза.

Обједињавањем железничке сигнализације са просторном базом података о инфраструктури и информационим системом железнице, на диспечерским радним станицама, се осим локације воза и његове брзине могу приказати још многи други подаци .

С обзиром да је најновијом модернизацијом локомотива предвиђена њена микропроцесора контрола, евидентно се проширују могућности за приказ података у диспечерском центру.

Сви ови подаци треба да допринесу повећању ефикасности рада диспечера и што је најважније, да убрзају доношење одлука у кризним ситуацијама у циљу спречавања несрећа. Меморисање ових података омогућује накнадне анализе кретања воза и добијање разних извештаја.

На Слици 1. је дата принципијелна шема решења за даљински надзор.



Слика 1. Принципијелна шема система за даљински надзор

Највећи проблем при реализацији система за даљински надзор брзине кретања воза и одређивање његове локације у реалном времену су:

- Прецизност ГПС у одређивању тачне локације.

Током последње деценије развијене су разне методе за отклањање грешака при одређивању позиције. Једна од њих је примена диференцијалног ГПС (ДГПС). Ова метода се састоји у томе што се на некој локацији са познатим координатама постави један референтни пријемник, који служи за корекцију грешке. Подаци о корекцији се шаљу мобилним корисницима.

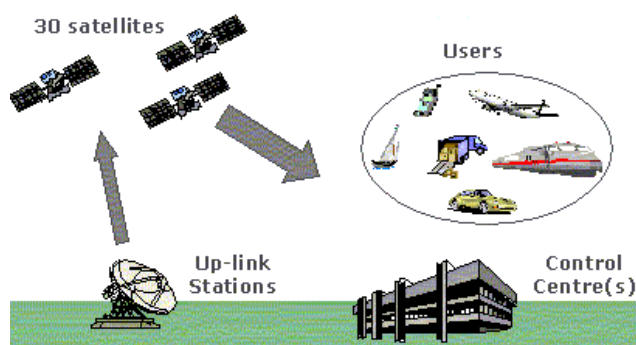
- ГПС не ради у тунелима, кањонима, веома густим шумама итд.

Проблем настаје када се не види довољан број сателита (минимално 4). Слични проблеми су и код ГЛОНАСС система. Зато су уведени хибридни ГПС/ГЛОНАСС пријемници који користе истовремену видљивост и ГПС и ГЛОНАСС. Број видљивих сателита се повећава (до 10) што омогућава да се

изаберу 4 наповољнија чиме се повећава прецизност одређивања локације. У тзв. “црним областима”, где не може да се одреди локација, постављају се додатни стационарни сензори помоћу којих се одређује релативна позиција између два апсолутна ДГПС мерења.

- ГПС и ГЛОНАСС су под војном контролом и у кризним ситуацијама могу да искључе цивилне кориснике

Решење је реализација цивилног навигационог сателитског система. До 2008. године треба да буде оперативан Европски сателитски радио навигациони систем ГАЛИЛЕО [3], под интернационалном цивилном контролом (систем од 30 сателита и земаљски контролни центар), чија је архитектура приказана на слици 2. ГАЛИЛЕО ће бити интероперативан са ГПС и ГЛОНАСС.



Слика 2. Архитектура ГАЛИЛЕО система

6. ИСКУСТВА ЕВРОПСКИХ ЗЕМАЉА

У Француској, Немачкој, Енглеској, Шпанији, Аустрији, Италији, Словачкој, Чешкој итд. постоје национални пројекти који се односе на примену ГПС и ДГПС у железничком саобраћају. Све ове земље појединачно, мало знају о искуствима и проблемима других земаља.



Слика 3. Примена сателитске навигације на Чешкој железници

Део Европске комисије (European Commission-EC), који је компетентан за пројекте оријентисане према железници, започео је крајем 1998. год. Пројект који би требало да обједини активности и убрза развој прецизног уређаја за одређивање локације воза (Train Position Locator) и будуће апликације управљчких информационих система, опреме за сигнализацију укључујући и аспекте система за аутомаску контролу воза.

ГАЛИЛЕО ће моћи да понуди неколико апликација за железницу из делокруга саобраћаја, контроле и праћења воза, вагона и транспорта, путничког информационог сервиса итд.

7. ЗАКЉУЧАК

У раду нису презентирана решења која су реализована и испробана. С обзиром да у предстојећој модернизацији локомотива није предвиђена примена система за глобално позиционирање, намера је пре свега била да подстакне на размишљање о што скоријој макар и експерименталној фази реализације предности које нам се нуде савременим технолошким

достигнућима. Повећање нивоа безбедности, Пројекат пруга за велике брзине, укључење наше железнице у ИТС не може се ни замислити без најсавременијих достигнућа из области телекомуникационих и информационих технологија. Модернизацијом железнице треба да се повећа фреквенција њеног саобраћаја на рачун смањења друмског саобраћаја поред економских разлога и због заштите животне средине и смањења глобалног загађења.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Elliott D Kaplan: "Understanding GPS: Principles and Application", 1996 (ISBN: 0890067937)
- [2] A. Filip: Chapter 7, Structural Integrity and Passenger Safety, UK 2000
- [3] URL <http://europa.eu.int./comm/energy-transport>

MODERNISATION RAILWAY VEHICLES USING GPS TECHNOLOGY

Dragoslava Stevanović

Abstract – In this paper is described the possibility to apply the newest achievements from the fields of the telecommunication and information technologies in the process of modernization of railway vehicles. GPS, mobile communication, computers systems enable train real-time position monitoring which can greatly contribute to decreasing the influence of human error factor as the cause of accidents, and the same time increase the level of safety standards at the railway.

Key words – railway, GPS, modernisation, safety

STATIČKA I DINAMIČKA SVOJSTVA GUMENIH SMEŠA ZA PRIMARNO OGIBLJENJE ŽELEZNIČKIH VOZILA

S. Jovanović¹, G. Radenković², G. Marković³, Ž. Ćirić⁴, L. Mladenović⁵, S. Panajotović⁶

Rezime: U ovom radu su prikazani rezultati ispitivanja statičkih i dinamičkih svojstava elastomernih smeša koje se primenjuju za izradu gumeno-meetalnih elemenata primarnog ogibljenja električnih lokomotiva serije 441 i 461, pre i posle ubrzanog starenja. Izvedena su sledeća ispitivanja: ispitivanje tvrdoće po Šoru, ispitivanje zatezanjem (prekidna jačina, prekidno izduženje i modul elastičnosti), ispitivanje pritiskanjem (trajna deformacija pri određenoj visini, trajna deformacija pod određenim opterećenjem i statički histerezis) i dinamička ispitivanja prema standardu ASTM D945-92 (efektivni dinamički modul elastičnosti, Yezly-jev histerezis, Yezly-jev stepen elastičnosti, apsorbirana udarna energija i učestanost). Ubrzano starenje je izvedeno na 70°C u toku 72 časa. Rezultati ispitivanja statičkih i dinamičkih svojstava ukazuju da standardna elastomerna smeša (umreženi sistem), na bazi poliizoprenskog i polibutadienskog kaučuka sa poluaktivnim crnim punilom ima dobre karakteristike, izuzev vrednosti trajne deformacije pri određenoj visini i vrednosti trajne deformacije pod određenim opterećenjem. Sa druge strane, najbolje vrednosti za ove veličine pokazuje elastomerna smeša na bazi poliizoprenskog kaučuka tvrdoće 53⁰Sh-A. Ove dve varijante elastomernih smeša biće ugrađene u gumeno-metalne elemente primarnog ogibljenja električnih lokomotiva serije 441 i 461 radi praćenja njihovog ponašanja u eksploataciji. Saznanja stečena u ovom istraživanju mogu se primeniti u izboru gumene smeše za ogibljenja opšte tehničke namene.

Ključne reči: Ogibljenje železnička vozila, gumene smeše, statička svojstva, dinamička svojstva.

1. UVOD

Gumeno-metalni elementi su konstruktivni delovi koji se izrađuju od prirodnih i sintetičkih kaučuka u spoju sa metalnim nosačima. U njima su sadržane prednosti oba sastavna elementa: visoke sposobnosti ugiba i amortizacije gume i velika površinska opterećenja koja podnosi metalni deo. Upravo takvi zahtevi se postavljaju kod ogibljenja železničkih vozila (lokomotive, vozovi, manevarska vozila i vagoni). Poznato je da gumene opruge obezbeđuju mirniji hod, smanjuju buku i amortizuju udarna opterećenja. Gumeno metalni elementi se izrađuju sa metalnim delovima u obliku ploča, prstenova ili čaura, koji se vezuju sa gumom postupcima vulkanizacije ili presovanjem, obezbeđujući, pre svega kod ugljeničnih čelika, visoke čvrstoće spoja, uglavnom veće od same čvrstoće gume.

U ovom radu se analizira mogućnost poboljšanja svojstava guma za potrebe ogibljenja kod železničkih vozila, prvenstveno lokomotiva. Istraživanja su rezultat zajedničkih interesa ŽTP-a Beograd kao korisnika vozila sa jedne strane i MIN AD "Lokomotiva" iz Niša, AD Tigar iz Pirota kao proizvođača opreme. Istraživanja su sprovedena u okviru projekta pod nazivom "**Istraživanje karakteristika gumeno-metalnih opruga i unapređenje kvaliteta gumeno-metalnih elemenata primarnog ogibljenja električnih lokomotiva serije 441 i 461**" koji su međusobno ugovorili Fabrika tehnička guma TIGAR Pirot, kao naručilac, i Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu, kao realizator.

U proizvodnji elastomernog materijala postoje konflikti zahtevi, te je neophodan kompromis uz primenu

programskih paketa sa pravilima dizajniranja receptura [1]. Ponašanje punjenih elastomera zavisi prvenstveno od molekularnog događanja na međugranici punioca i polimera. Za razumevanje ponašanja pri statičkim i dinamičkim deformacijama sumarno su odgovorni segmenti lanaca, viseći lanci, hemijski čvorovi polimera, fizički čvorovi mreže punioca (filler network) i trajni ili privremeni čvorovi koji nastaju usled interakcije polimer/punilo. Da bi se postigla tražena svojstva gume (umreženi elastomerni materijal) u primeni, kao što su otpor na zamor, udare i vibriranja, potrebno je odabrati ne samo najpogodniji elastomer i sistem za umrežavanje, već i najpogodnije punilo ili često kombinaciju različitih punila [2].

Cilj ovog istraživanja bio je da se ispituju statička i dinamička svojstva umreženih sistema na bazi poliizoprenskog i blende poliizoprenskog i polibutadienskog kaučuka pre i posle ubrzanog starenja (razmrežavanje umreženih sistema) u toplom vazduhu.

2. GUMENO-METALNI ELEMENTI

Elastični guma-metal oslonci predstavljaju kombinaciju opruge i amortizera. Sa jedne strane, suprotstavljaju se deformaciji proporcionalnoj amplitudi kretanja, a sa druge strane amortizuju silu proporcionalnu trenutnoj brzini premeštanja. Kod oscilatornog kretanja, energija koju apsorbira opruga u kretanju vraća se, dok energija koju apsorbira amortizer prelazi u toplotnu energiju. Komponovanje smeša za izradu elastičnog oslonca se vrši kombinovanjem različitog udela elastomerne komponente i punila.

¹ mr Slobodan Jovanović, asistent Mašinski fakultet Niš, Beogradska 14, 18000 Niš, e-mail: jovanovics@masfak.ni.ac.yu

² dr Goran Radenković, docent, Mašinski fakultet Niš, Beogradska 14, 18000 Niš, e-mail: rgoran@masfak.ni.ac.yu

³ mr Gordana Marković, TIGAR F-ka tehničke gume, Nikole Pašića 213, 18300 Pirot, e-mail: dopetrov@tigar.com

⁴ Žarko Ćirić, dipl.maš.inž. TIGAR F-ka tehničke gume, Nikole Pašića 213, 18300 Pirot, e-mail: zcirić@tigar.com

⁵ Leposava Mladenović, dipl. inž. teh. TIGAR F-ka teh. gume, Nikole Pašića 213, 18300 Pirot, e-mail: lmlad@tigar.com

⁶ Slobodan Panajotović, dipl.inž.hem. TIGAR F-ka teh. gume, Nikole Pašića 213, 18300 Pirot, e-mail: spanajot@tigar.com

2.1. Elastomerna komponenta

Elastični oslonac se sastoji od metalne i gumene komponente, koje se međusobno vežu u procesu vulkanizacije (reakcija polimernog lanca sa sistemom za umrežavanje na povećanoj temperaturi) upotrebom dobrih vezivnih sistema. Nastala guma-metal veza jača je od gume (umreženi sistem). Sve smeše namenjene za izradu elastičnog oslonca, komponovane su na bazi poliizoprenskog kaučuka ili smeše poliizoprenskog i polibutadienskog kaučuka, gde je poliizoprenski kaučuk zastupljen u većini.

Glavni razlozi korišćenja umreženih sistema na bazi poliizoprenskog kaučuka za izradu elastičnih oslonaca su:

- Odlična otpornost na zamor, nastajanje i povećanje pukotina;
- Velika elastičnost;
- Malo povećanje toplote pri eksploataciji;
- Odlična veza sa metalom tokom procesa vulkanizacije;
- Opseg radnih temperatura veći je u odnosu na druge materijale;
- Nije skup i lako se obrađuje.

U poređenju sa metalnim oprugama, gumeno-metalne opruge na bazi prirodnog kaučuka ne zahtevaju održavanje, imaju veliku moć akumulacije energije, lako se oblikuju i dobijaju različitu krutost u različitim pravcima (zavisno od konstruktivnog rešenja) a takođe dopuštaju određeno prednaprezanje pri montaži.

2.2. Punila

Vulkanizovana guma je čvrsta trodimenzionalna mreža, koja nastaje u procesu umrežavanja (reakcija sumpora i ubrzivača sa dvostrukom vezom polimernog lanca). Što je broj poprečnih veza veći, veća je otpornost na deformacije pri dejstvu sila. Crna punila stvaraju mreže sa polimerom, koja nastaju kao posledica interakcije sa njim, kao i mreža punilo-punilo. Sve ove mreže doprinose otpornosti na deformaciju.

Umreženi sistemi koji sadrže samo sistem za umrežavanje (sumpor i ubrzivače), zaštitna sredstva i procesne pomagalice su poznati kao nepunjeni umreženi sistemi.

U industrijskoj praksi, većina smeša sadrži punila, aktivna ili neaktivna, koja dostižu i jednu trećinu ukupne zapremine umreženog sistema. Aktivna punila poboljšavaju otpornost na cepanje, abraziju, module, histerezis, puzanje (creep), tvrdoću. Neaktivna punila malo utiču na poboljšanje pomenutih osobina, i ona se dodaju u većoj količini od aktivnih.

3. EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE

U okviru projekta ispitivano je šest različitih smeša sa ciljem da se uoči uticaj komponenti na karakteristike gumeno metalnih elemenata ogibljenja. Smeše su pripremljene na laboratorijskom dvovaljku dimenzija 400x160mm, 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. Iako je u analizu uveden veći broj smeša u ovom radu će biti prikazani uporedni rezultati šest različitih smeša koje karakterišu potrebna svojstva za primenu u železničkim vozilima. Sve smeše su umrežene pri uslovima (t_{c90}), određenim iz vulkanizacionih krivih, dobijenih sa Monsanto reometra R-100, na 343 °K.

U Kontrolno-razvojnoj laboratoriji TIGRA izvršena su sledeća ispitivanja:

- Ispitivanje tvrdoće
- Određivanje zateznih svojstava
- Određivanje trajne deformacije sabijanjem na određenu visinu
- Veštačko starenje eksperimentalnih uzoraka.

U laboratorijama Mašinskog fakulteta u Nišu izvršena su sledeća ispitivanja:

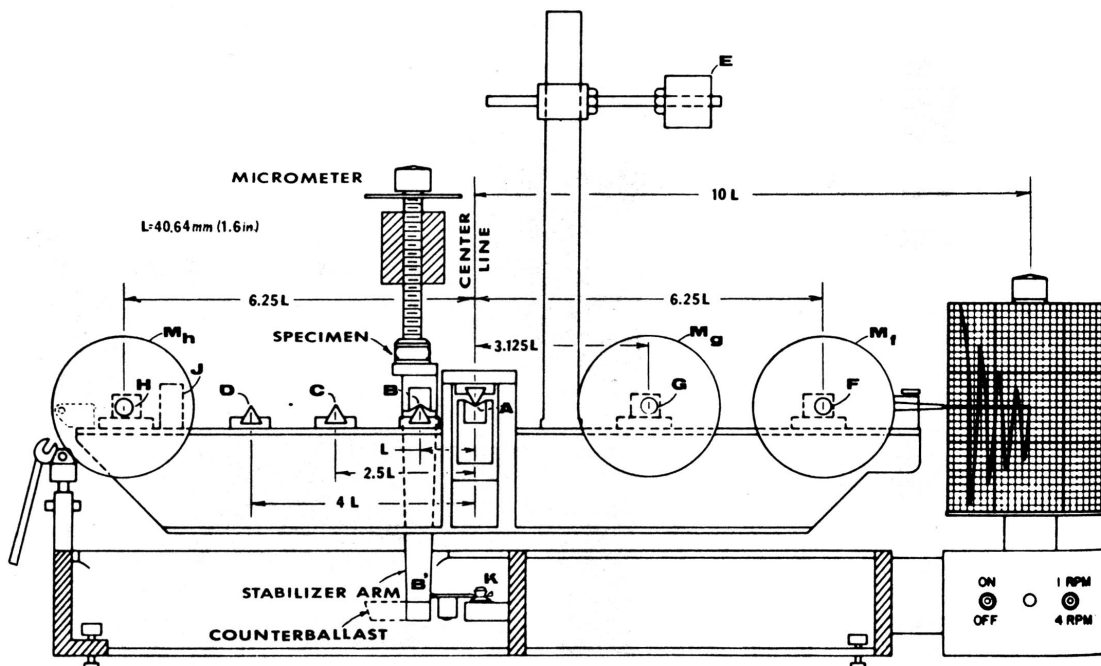
- Određivanje trajne deformacije dejstvom određenog pritisnog opterećenja
- Određivanje statičkog histerezisa pri sabijanju
- Određivanje mehaničkih karakteristika pri naprezanju na pritisak prema ASTM D 945-92.

Značajan parametar za analizu eksploatacionih svojstava je uticaj starenja na ponašanje gumeno metalnih elemenata ogibljenja kod železničkih vozila. Starenjem se narušava struktura makromolekulske mreže, tj. vrednosti prekidne jačine i sposobnost elastičnog deformisanja umreženih sistema se smanjuje.

Mehaničke karakteristike smeša su određene prema odgovarajućim standardima, i to:

- statička fizičko-mehanička ispitivanja, zatezna svojstva (JUS.G.S2.127);
- ispitivanje tvrdoće (JUS.G.S2.125);
- ispitivanje trajne deformacije sabijanjem na određenu visinu (JUS.G.S2.130);
- ispitivanje trajne deformacije sabijanjem određenim opterećenjem (JUS.G.S2.134);
- statički histerezis pri sili 1,2 kN i 2,0 kN (KRS 50409);
- ispitivanje dinamička karakteristika gume pri sabijanju (Yerzley-jev histerezis, Yerzley-jev stepen elastičnosti, učestanost, efektivni dinamički modul elastičnosti, apsorbovana udarna energija) (ASTM D 945-92);
- ispitivanje svojstava smeša nakon veštačkog starenja u toplom vazduhu (JUS.G.S2.124)

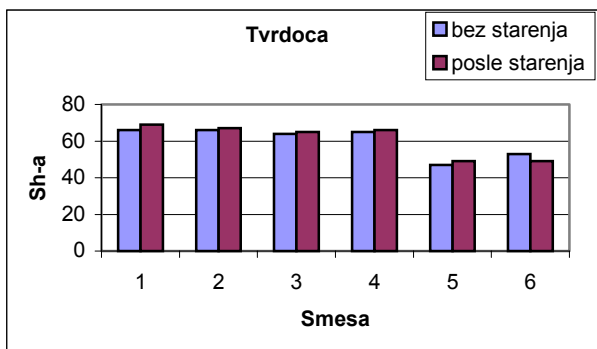
Za ispitivanje dinamičkih karakteristika gumenih epruveta, prema standardu ASTM D 945-92, koristi se Yerzley-jev mehanički oscilograf, čiji je šematski prikaz dat na slici 1. Ovakav uređaj je izrađen na Mašinskom fakultetu u Nišu u okviru ovog projekta.



Slika 1. Yezley-jev mehanički oscilograf

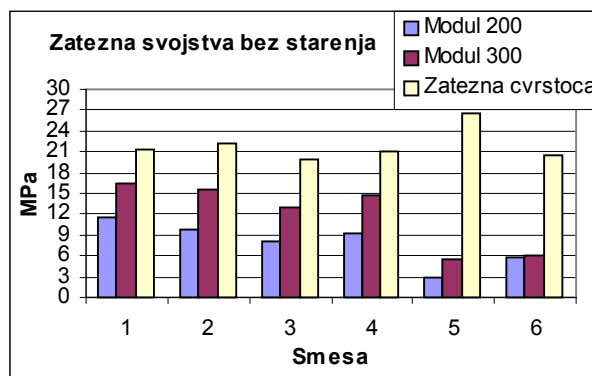
4. PRIKAZ REZULTATA ISPITIVANJA

U zavisnosti od sastava (sadržaja punila) i stepena umreženja, tvrdoća gumenih smeša se kreće u opsegu 40 do 90 Shore Durometer A Scale (⁰Sh-A) [3]. Na slici 2 dat je prikaz izmerenih vrednosti tvrdoća smeša pre i posle starenja u realizovanom eksperimentalnom istraživanju. Nakon ubrzanog starenja na 70°C u toku 72 časa, vrednosti tvrdoće su uvećane.



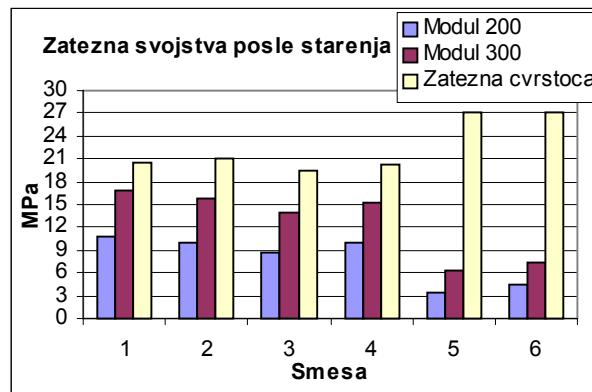
Slika 2. Tvrdoća epruveta od različitih smeša pre i posle starenja

Za karakterisanje žilavosti umreženih sistema kaučuka i stepena njenog umreženja koriste se moduli elastičnosti pri zadanom izduženju (moduli 200% i 300%), na osnovu srednje vrednosti opterećenja pri zadanom izduženju. Veća vrednost modula ukazuje na veću žilavost gume, kao i na veću vrednost stepena umreženja gumene smeše. Kritična vrednost napona u trenutku kidanja uzorka (zatezna čvrstoća) za gumene smeše se kreće u opsegu od 18 do 30 Mpa, što je 5 puta manje od odgovarajuće vrednosti za čelik. Na slici 3 prikazane su vrednosti modula 200 i 300 kao i vrednosti napona u trenutku kidanja epruveta za smeše bez starenja a na slici 4 vrednosti posle starenja.



Slika 3. Vrednosti modula 200, 300 i zatezne čvrstoće bez starenja epruveta

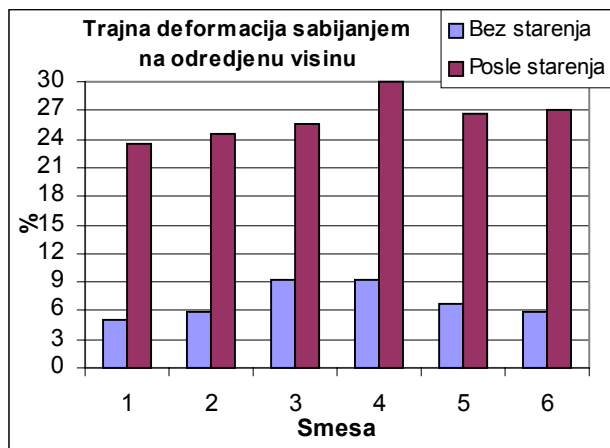
Nakon starenja, vrednosti modula 200, modula 300 i zatezne čvrstoće su bez značajnijih promena.



Slika 4. Vrednosti modula 200, 300 i zatezne čvrstoće posle veštačkog starenja epruveta

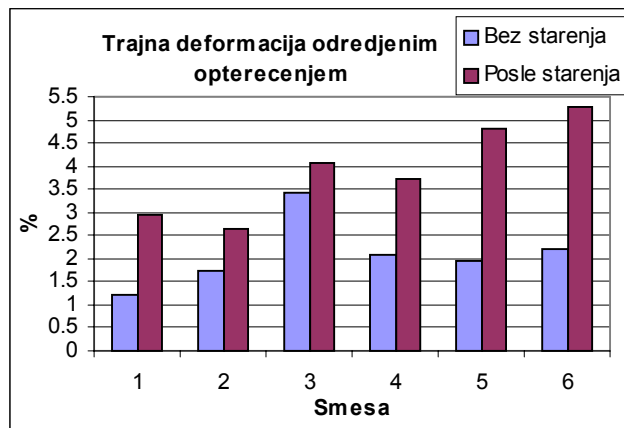
Veličina zaostale deformacije epruveta proizvedenih od eksperimentalnih smeša posle određenog sabijanja (ugib iznosi 25% od nominalne visine epruvete prema JUS G.S2.130), pri određenim uslovima ispitivanja (vreme, temperatura i sredina), predstavlja važnu karakteristiku za

ocenjivanje elastično-plastičnih svojstava gumene smeše. Plastičnost je svojstvo materijala da se nepovratno deformiše, dok je elastičnost svojstvo materijala da se povratno deformiše. Gumene smeše bez punila, skoro se potpuno vraćaju u početno stanje, posle prestanka delovanja sile. Kod punjenih gumenih smeša, deformacija ne iščezava, kao posledica narušenih veza između kaučuka i ingradijenata smeše (punila). Na slici 5. prikazane su vrednosti trajne deformacije epruveta sabijanjem na određenu visinu. Minimalne vrednosti za trajnu deformaciju sabijanjem na određenu visinu ima smeša S1.



Slika 5. Vrednosti trajne deformacije epruveta sabijanjem na određenu visinu

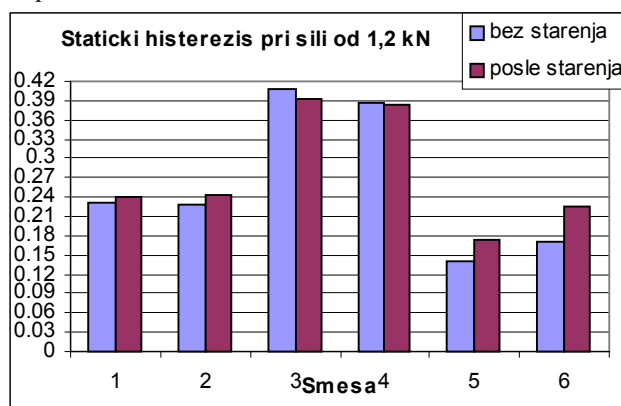
Kad se gumena smeša drži deformisana na određenu visinu duže vreme, opterećenje opada postepeno sa vremenom. To je relaksacija opterećenja. Isto se događa pri puzanju kad se guma-umreženi materijal deformiše u dužem periodu konstantnim opterećenjem. Događa se isti relaksacioni proces kad se nametnuto opterećenje ili deformacija uklone. Guma se vraća u prvobitno stanje, izuzev nekoliko procenata što predstavlja trajnu deformaciju. Relaksacija opterećenja i puzanje variraju u zavisnosti od sastava i tipa gume. Procenat relaksacije opterećenja za punjeni umreženi sistem na bazi poliizoprenskog kaučuka, sa tvrdoćom od 70⁰ Sh-A je 7% po dekadi, a smanjuje se za manje punjene ili nepunjene umrežene sisteme. Na slici 6. prikazane su vrednosti trajne deformacije epruveta sabijanjem određenim opterećenjem (opterećenje iznosi 1800 N prema JUS.G.S2.134).



Slika 6. Vrednosti trajne deformacije epruveta sabijanjem određenim opterećenjem

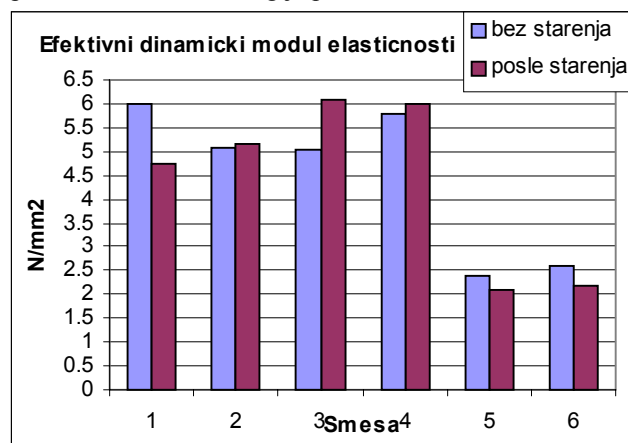
Rad koji predstavlja površina između krive opterećenja i rasterećenja, u ciklusu napon-deformacija, prisutan je u smešama svih kaučuka. Kod nepunjenih smeša prirodnog kaučuka, vrednost histereziisa je mala. Punila povećavaju vrednost histereziisa.

Pri velikim istezanjima smeša na bazi prirodnog kaučuka, zbog prisutne kristalizacije, histereziis ima veliku vrednost. Ponovljene deformacije, histereziisnu energiju pretvaraju u toplotu, što rezultuje termalno raspadanje gumenih smeša. Kod vibracija, smeše na bazi poliizoprena, daju malu ali željenu meru amortizacije, bez opasnosti od ozbiljnog zagrevanja. Histereziis je mera izgubljene energije, i suprotna je krivoj elastičnosti, koja predstavlja meru vraćene energije. Sastav smeša, tip i udeo punila utiču na vrednost histereziisa. Vrednost histereziisa se izražava kao odnos između akumuliranog rada i rada sabijanja. Na slici 7 prikazane su dobijene vrednosti histereziisa kod eksperimentalnih uzoraka

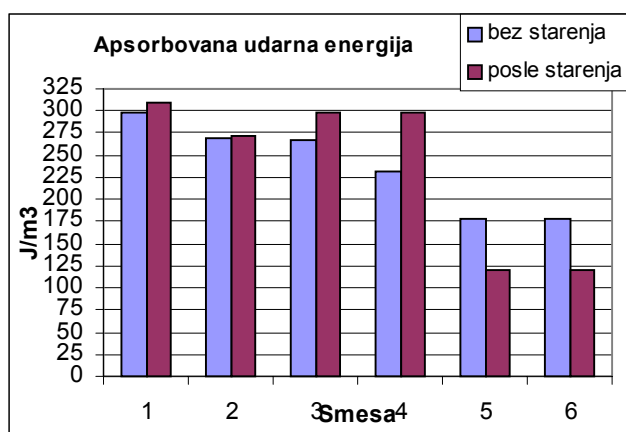


Slika 7. Vrednosti histereziisa pri sabijanju silom od 1,2 kN

Merenjima koja su izvršena na Yerzley-jevom mehaničkom oscilografu dobijene su dinamičke karakteristike eksperimentalnih smeša gume. Uporedne karakteristike efektivnih dinamičkih modula elastičnosti različitih smeša date su na slici 8. dok su veličine apsorbivane udarne energije prikazane na slici 9.



Slika 8. Vrednosti efektivnih dinamičkih modula elastičnosti



Slika 9. Vrednosti apsorbovane udarne energije

5. ZAKLJUČAK

Uzimajući u obzir kompleksne i nepredvidive uslove eksploatacije, treba konstatovati da je obezbeđenje visokog kvaliteta gumeno-metalnih elemenata primarnog ogibljenja električnih lokomotiva veoma složen problem čije rešenje zahteva izuzetno široko interdisciplinarno istraživanje. Treba ukazati na to da renomirani proizvođači ovih elemenata u evropskim i svetskim razmerama ovaj problem nisu rešili na egzaktan način.

Međutim, bez obzira na složenost navedenog problema i ne male teškoće pri definisanju zahteva u pogledu mehaničkih karakteristika smeša, ipak se mogu postaviti određeni kriterijumi. Naime, da bi gumeno-metalni elementi ogibljenja održali početne geometrijske karakteristike guma od koje su izrađeni treba da imaju što manje trajne deformacije pri statičkom naprezanju i što manje promene mehaničkih karakteristika usled starenja. Da bi mogli da podnesu slučajna preopterećenja u toku rada, ovi opružni elementi treba da imaju što veću čvrstoću i što veće prekidno izduženje.

S obzirom da starenje gume nastaje prvenstveno usled zagrevanja pri dinamičkom opterećenju gumeno-metalnih elemenata ogibljenja, značajna karakteristika gume je histerezis (u statičkim i dinamičkim uslovima opterećenja) odnosno stepen prigušenja oscilacija. Ukoliko je manji stepen prigušenja (manji histerezis, manja apsorbovana energija i manja učestanost) utoliko je manja količina energije koja se unutar gume pretvori u toplotu a samim tim se starenje gume odvija sporije. Međutim, gumeno-metalni elementi ogibljenja imaju istovremeno i ulogu amortizera tako da, pri određivanju optimalnih dinamičkih karakteristika, treba napraviti određeni kompromis između stepena prigušenja sa jedne strane i dozvoljene radne temperature gume sa druge strane.

Rezultati ispitivanja statičkih i dinamičkih svojstava eksperimentalnih smeša gume ukazuju da standardna elastomerna smeša (umreženi sistem), na bazi poliizoprenskog i polibutadienskog kaučuka sa

poluaktivnim crnim punilom ima povoljne karakteristike, izuzev trajne deformacije pri određenoj visini i pod određenim opterećenjem. Sa druge strane, najbolje vrednosti trajne deformacije pokazuje elastomerna smeša na bazi poliizoprenskog kaučuka tvrdoće 53⁰Sh-A. Ove dve varijante elastomernih smeša biće ugrađene u gumeno-metalne elemente primarnog ogibljenja električnih lokomotiva 441 i 461 radi praćenja njihovog ponašanja u eksploataciji. Rezultati ispitivanja u ovom radu mogu se primeniti pri izboru elastomernih za bilo koje elemente ogibljenja vozila.

LITERATURA

- [1] P.B.Lindley: **Engineering Design with Natural rubber**, Technical Bulletin No 8, 1964.
- [2] A.B. Davey, A.R. Payne: **Rubber in engineering practise**, Great Britain 1964
- [3] M.Plavšić: **Elastomerni materijali**, Beograd, 2000.
- [4] S.Panajotović: **Guma-metal amortizujući elementi za šinska vozila**, Zbornik radova sa skupa "Mogućnosti domaće privrede za izgradnju tramvajskih sistema", Niš, 1993.
- [5] ASTM, ISO, UIC i JUS standardi

STATIC AND DYNAMIC PROPERTIES OF RUBBER COMPOUNDS FOR PRIMARY SUSPENSION OF RAILWAY VEHICLES

S.Jovanović¹, G.Radenković², G. Marković³, Ž. Ćirić⁴, L. Mladenović⁵, S. Panajotović⁶

Summary: Results of static and dynamic measurements of rubber compounds before and after ageing are shown in this paper. They are applied on rubber to metal springs on electrical locomotives type 441 and 461. Measurement of hardness (Shore-A), stress-strain measurements (modulus, elongation at break, tensile strength), stiffness measurements (compression set, permanent deformation by definite load, static hysteresis), and dynamic measurements at ASTM D945-92 (effective dynamic modulus, Yertzley hysteresis, Yertzley resilience in percent, absorbed impact energy and frequency) were done. Ageing was carried out at 70⁰C on 70h. Obtained direct us that standard rubber compounds (crosslinking system) based on polyisoprene (NR) and polybutadiene (BR) rubber with half reinforcing black fillers has exelent values for all properties, except for compression set and deformation by definite load values. The polyisoprene crosslinking systems, with hardness 53⁰ Sh-A have good properties for compression set and deformation by definite load values. Both of rubber crosslinking systems will impact in rubber to metal springs of primary suspension of electrical locomotives type 441 and 461.

Keywords: Suspension of railway vehicles, rubber compound, static properties, dynamic properties.

ZEMLJOSPOJNA ZAŠTITA ELEKTROVUČNIH VOZILA (UZ PRVU DOMAĆU SERIJU KONTROLNIKA IZOLOVANOSTI DIZEL ELEKTRIČNIH LOKOMOTIVA)

Savo Jelić, Mila Papić, Dušan Ćorković, Ivan Vasilčić¹

Rezime: zaštita dizel lokomotiva prikazana je na primeru domaćeg kontrolnika MKI EP169A. Za specifičnosti probleme zaštite elektrolokomotiva naznačene su mogućnosti primene domaćih sofisticiranih kontrolnika izolovanosti MKI 200.

Ključne reči: zemljospoj, kontrola izolovanosti, zaštita od požara.

1. ZNAČAJ ZAŠTITE I POVOD ZA OPIS KONSTRUKCIJE

Zaštita od zemljospoja spada u vitalne zaštite vozila pogonjenih električnim vučnim motorima. Zato što, pored zaštite osoblja, čini značajan deo zaštite od požara. O toj i o drugim karakteristikama izveštavamo povodom prve domaće serije kontrolnika izolovanosti za dizel-električne lokomotive serije 641, kome je i posvećen najveći deo ovog rada. Kontrolnici ovog tipa su se pre otcepljenja zapadnih republika proizvodili u Hrvatskoj. Osvajanje proizvodnje u SR Jugoslaviji praćeno je i sa nekoliko poboljšanja o čemu će u nastavku biti reči. U posebnom, završnom delu rada predstavljena su savremena rešenja za zemljospojnu zaštitu elektrovučnih vozila, čiji je razvoj i primena, od samog početka obavljan u domaćoj industriji.

2. KARAKTERISTIKE IZOLOVANIH MREŽA

Glavne električne mašine dizel-električnih vučnih vozila su, po pravilu, izolovane od metalne mase vozila. Takva, izolovana postrojenja i mreže (IT) imaju u odnosu na razne vidove uzemljenih mreža, među kojima su osnovne TT i TN, znatne prednosti. (Oznake IT, TT i TN potiču od naizmeničnih električnih mreža. Od dva slova sa kojima se one identifikuju, prvo označava vezu neutralne tačke transformatora, a drugo vezu kućišta električnih uređaja sa zemljom. Pri tom se slovom I označava izolovanost, slovom T uzemljenje, a slovom N neutralni provodnik).

Najvažnije prednosti izolovanih mreža su veća raspoloživost štice objekata i daleko manja opasnost od požara. Celovita uporedna analiza raznih sistema električnih mreža objavljena je u časopisu Elektroprivreda [6]. Obe navedene prednosti su od vidnog značaja za vučna vozila. Prva zbog važnosti da vozilo bude spremno za vuču, a naročito da ne ostane nespremno na otvorenoj pruzi. Druga zbog zaštite osoblja i (skupih) materijalnih sredstava. Posledice požara mogu biti opasne, neprijatne i skupe. O njima je dosta pisano [4,5], pa ovde dajemo samo kratak osvrt.

Požar može imati dramatične posledice i za ljude i za imovinu. Veliki broj požara prouzrokuje visok porast

temperature ili električni luk koji se javljaju kao posledica oslabljene izolacije odnosno zemljospoja. Opasnost od požara je veća ukoliko su veće struje zemljospoja, a zavisi i od lokalnih uslova koji mogu pogodovati širenju vatre i eksploziji. Elektricitet je, inače, čest uzrok požara. Praga rizika od požara je, po francuskom standardu NF C 15-100 deo 482.2.10, 500 mA pri zemljospoju. Ovaj standard je sacinjen na osnovu ispitivanja koja su pokazala da struja od samo pola ampera može dovesti do žarenja dvaju metalnih delova koji dolaze u slučajni dodir.

Prednosti izolovanosti mreža dolaze do punog izražaja ako im se trajno kontroliše izolovanost prema zemlji odnosno, u slučaju vučnih vozila, prema njihovoj metalnoj masi. O funkcijama, načinu rada, karakteristikama i odlikama kontrolnika izolovanosti EP 169A izveštavamo u svetlu njegove primene na lokomotivama serije 641.

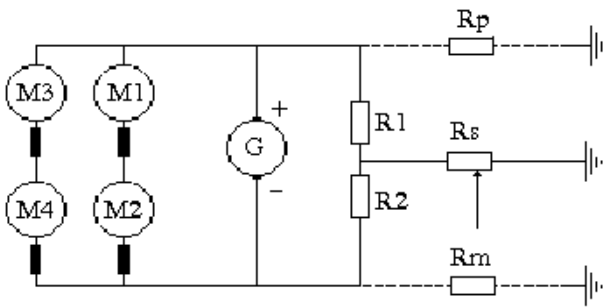
3. NAČIN ZAŠTITE. RAZVOJNE FAZE KONTROLNIKA EP 169A

3.1. Mostovska šema

Osnovni vid merenja otpora izolovanosti u kontrolniku EP169 obavlja se preko mostovske šeme koju čine otpori izolovanosti plus (R_p) i minus kraja generatora (R_m) prema masi i dva u kontrolnik ugrađena otpornika poznate, stalne vrednosti (R_1 i R_2), slika 1. Struja kroz srednju granu tog mosta zavisi od napona generatora na koji je most priključen (u_g) i od vrednosti četiri navedena otpornika. Jačina struje, naravno, zavisi i od otpora srednje grane mosta (R_s), a izražava se jednačinom:

$$i_g = u_g (R_p R_2 - R_m R_1) / [(R_1 + R_2) \cdot (R_p R_s + R_m R_s + R_p R_m) + R_1 R_2 (R_p + R_m)] \dots \dots \dots (1)$$

¹ Prof. dr Savo Jelić, dipl. inž. Beograd, Nevesinjska 2; Mila Papić, dipl. inž., Dušan Ćorković, inž. i Ivan Vasilčić, dipl. inž. – Minel-Automatika, Beograd, Rovinjska 14



Slika 1. Mostovska sprega otpora izolovanosti i elementa kontrolnika u vezi sa vučnim strujnim krugom (M – vučni motori, G – glavni generator)

Kako su dva od četiri otpornika poznate vrednosti to nam struja kroz srednju granu govori o razlikama otpora izolovanosti pozitivnog i negativnog kraja vučnog strujnog kruga prema masi. Iz brojioca gornje jednačine se lako uočava da je, pri jednakim vrednostima R_1 i R_2 , ta struja to manja što su otpori izolovanosti R_p i R_m jedan drugom bliži i da je ravna nuli kad su oni međusobno jednaki. (Ako bi se za R_1 i R_2 uzele različite vrednosti, plus i minus krajevi instalacije ne bi, u pogledu kontrole izolovanosti, imali ravnopravan tretman; male i nulta vrednosti struje bi se opet dobile, tada pri nekim drugim odnosima R_p i R_m).

Izrečeni komentar jednačine za struju kroz srednju granu je značajan za uporednu analizu karakteristika kontrolnika EP169 sa uvoznim kontrolnicima postavljenim na lokomotive serije JŽ 642, 643 i dr. Pre te analize valja reći da uvozni kontrolnici ovog tipa imaju u nultoj grani reči, po čemu su i dobili naziv *rele zemljospoja*. Osnovna razlika između takvih *relea zemljospoja* i našeg kontrolnika potiče odatle što je za pokretanje relea u srednjoj grani mosta potrebna znatna struja, dok je kod kontrolnika EP 169 ta struja kroz srednju granu mala, jer je ograničena otporom srednje grane mosta. Smanjenje jačine struje kroz srednju granu potrebne za aktiviranje kontrolnika dovodi do smanjenja zone neutralnosti tj. zone u kojoj, pri određenim odnosima slabljenja izolovanosti plus i minus kraja prema masi, kontrolnik ne deluje. Ova okolnost je matematički i grafički prikazana u radu "Prvo domaće rele zemljospoja za dizel-električne lokomotive" [1] u kome je izvedena i gornja jednačina.

Kontrolniku EP169 je za delovanje dovoljna i mala struja kroz srednju granu mosta, zato što se ona na otporniku R_s pretvara u napon, koji se u elektronskim kolima pojačava da bi se, zahvaljujući tom pojačanju, dobila dovoljna snaga za pokretanje izvršnog rela.

Uz predhodnu analizu treba istaći da odabrani uvozni kontrolnici sa kojima je upoređivan naš EP169 spadaju u najbolje uvozne uređaje te vrste. Jugoslovenske železnice su više serija lokomotiva kupile sa daleko slabijim uređajima za zaštitu od zemljospoja. Najizrazitiji primer za to su lokomotive serije 641, podserije 000, 100 i 200 na kojima se zaštita sastojala samo od običnog relea vezanog između mase lokomotive i minus kraja vučnog strujnog kruga preko jednog otpornika. Neefikasnost takve zaštite je lako dokazati: ako se u zemljospoju (tj. u spoja sa masom lokomotive) nađe minus kraj vučnog strujnog kruga rele ne će delovati, niti će se to igde evidentirati. Tada je već ugroženo osoblje, a ako se slededći zemljospoj desi na drugom mestu, lokomotiva može i da se upali.

3.2. Interni generator

Značajno unapređenje kontrolnika dogodilo se desetak godina po pojavi prve njegove verzije. Mostovskoj šemi je tada pridodat interni generator jednosmernog napona kojim se utiskuje struja u vučni strujni krug. Jačina te struje je obrnuto srazmerna otporu izolovanosti, pa se preko nje utvrđuje oslabljena izolovanost i pre nego što se pokrene glavni lokomotivski generator. Ovaj dodatak je kao konstruktivna novina, pod naslovom "Novo rešenje za zaštitu lokomotiva od zemljospoja", izložen na zasedanju Jugoslovenskog Komiteta za regulaciju i automatizaciju (JUREMA) 1984 [2]. Ovaj vid delovanja je od dvostruke koristi, prvo, zato što meri otpor izolovanosti i u slučajevima jednolikog slabljenja plus i minus kraja instalacije prema masi (ne postoji zona neutralnosti), što mostovske šeme ne mogu obavljati, i drugo, zato što ne zavisi od napona lokomotivskog generatora, pa se za ustanovljenje zemljospoja ne mora čekati da voz krene i da dostigne brzinu, koja je srazmerna naponu vučnih motora odnosno glavnog lokomotivskog generatora.

3.3. Preventiva i signalizacija oslabljenog otpora izolovanosti

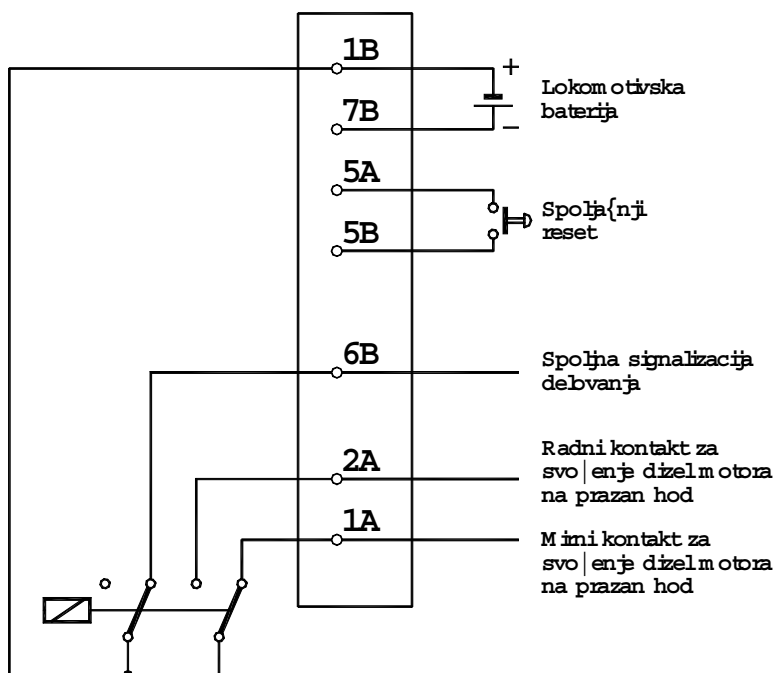
Elementi preventivne zaštite i prateće signalizacije stanja ušli su u primenu krajem osamdesetih; označili su dodatno proširenje funkcija kontrolnika i doneli dodatak A (EP169A) njegovom imenu. Tada se naime, po isporuci iz Mađarske i puštanju u rad lokomotiva podserije 641-300, pokazalo da one pri vlažnom, a naročito pri kišnom vremenu, nemaju od Jugoslovenskog železničkog standarda i odredbi Međunarodne elektrotehničke komisije propisani otpor izolovanosti od 1 kiloom po voltu nominalnog napona lokomotivskog generatora, na koliko su bili podešeni kontrolnici koje je tadašnji jugoslovenski proizvođač isporučio konstrukturu lokomotiva u Mađarsku. Lokomotive su zbog dejstva kontrolnika dolazile u depo, pa kad bi se malo prosušile, vraćane, bez ikakve intervencije, kao ispravne nazad u eksploataciju. Predstavnici ŽTP-a Beograd su tada proizvođaču kontrolnika postavili zahtev da se prag izolovanosti od 500 kΩ (1 kΩ/V) samo signalizira, a da se kao kriterijum za svodenje dizel motora na prazan hod i prateće isključenje vučnog strujnog kruga iz rada obavlja tek kad otpor izolovanosti padne ispod 100 kΩ. Tako je došlo do proširenja funkcija kontrolnika: pored osnovne funkcije koja, pri direktnom zemljospoju ili pri velikom oslabljenju otpora izolovanosti prema masi vozila, obezbeđuje da se dizel motor svede na prazan hod i prekine rad generatora, kontrolnik izolovanosti EP 169A daje informaciju o stanju izolovanosti pre njenog kritičnog smanjenja. Takva informacija može biti u službi preventivnog održavanja električnih mašina i instalacija, što je sredstvo od značaja za uspešnu eksploataciju, jer blagovremeno upućuje na potrebu preduzimanja mera za otklanjanje slabih mesta i/ili opšte osveženje izolovanosti instalacije.

Da bi se domaći proizvod i po imenu razlikovao od ranijih kontrolnika, ispred naziva EP169A dodata su tri slova MKI (Minelov Kontrolnik Izolovanosti).

4. VEZE KONTROLNIKA SA LOKOMOTIVSKOM INSTALACIJOM

Elektronska kola koja obavljaju opisane funkcije smeštena su na štampanu karticu standardnog Evropa formata 100x160 mm. Izvršno rele kojim upravljaju ova

elektronska kola izmešteno je sa štampane kartice, čime je otklonjena opasnost da, pri nepravilnim prespajanjima u lokomotivskoj instalaciji i pratećem povećanju struje koju prekidaju kontakti relea, dođe do oštećenja štampanih veza na kartici.



Slika 2. Veze kontrolnika sa lokomotivskom niskonaponskom instalacijom

Na čelu kutije u koju su smestene elektronske kartice i izvršno rele nalaze se svetleće diode - žuta za "opomenu" i crvena za "delovanje" kontrolnika (pod delovanjem se podrazumeva svodenje dizelmotora na prazan hod i prekid pobude generatora), osigurač 0,5 A i prekidač za isključenje kontrolnika. Ovaj prekidač omogućuje mašinovođi da, u slučaju zemljospoja na otvorenoj pruži, doveze voz do najbliže stanice. Prekidač je plombiran, a pri prekidanju plombe treba da se poštuje propisima predviđena procedura (zvanični upis događaja, mesta i vremena u kom se desio, izveštavanje i dr.).

Veze kontrolnika sa lokomotivskom instalacijom ostvaruju se preko zadnje, kraće strane kutije. Za uvod informacija o naponu generatora služe izolovani priključci pokriveni plastičnom izolacionom kapom. Veza sa masom lokomotive ostvaruje se preko posebnog priključka, a niskonaponske veze kontrolnika sa instalacijom vučnog vozila obavljaju se preko robusnog spoljnog konektora EVNK-16N/P, kakav se, inače, koristi u vojnim uređajima. Na slici 4 je prikazana šema veza kontrolnika sa niskonaponskom električnom instalacijom

Na slici 4 je pored dosad pominjanih veza (spoljna signalizacija delovanja, svodenje dizel motora na prazan hod, napajanje kontrolnika iz lokomotivske akumulatorske baterije) prikazan i taster za spoljašnji reset. Reč reset označava vraćanje u početno, polazano stanje. Potreba za resetom tj. potreba da se posle delovanja kontrolnika on vrati u početno, funkcionalno stanje potiče otuda što je kontrolnik, kao sigurnosni uređaj, koncipiran na tzv. mirnu struju (deluje kad je rele otpušteno t.j. ne samo kad se desi zemljospoj nego i kad rele izgubi napajanje).

5. KONSTRUKTIVNE KARAKTERISTIKE I ODLIKE

Elektronska kola kontrolnika napajaju se iz lokomotivske akumulatorske baterije preko tranzistorskog pretvarača i pripadajućeg transformatora čime je ostvarena galvanska razdvojenost kola visokog i niskog napona. Pretvarač ima dva sekundara i prateće ispravljače. Jedan od njih služi za dobijanje napona potrebnih za napajanje elektronskih komponenata i relea, a drugi čini napon pomenutog internog generatora. Interni generator se priključuje na otpornik R1, tako da, kad glavni generator stoji, meri otpor izolovanosti i plus i minus kraja vučnog strujnog kruga prema masi. Osnovu elektronskih zaštitnih kola čine integrisani operacioni pojačavači na kojima se upoređuju referentni, zadati naponi sa naponima koji se dovode iz srednje grane mosta. Iza operacionih pojačavača dolazi tranzistor koji upravlja izvršnim releom kontrolnika i pratećom signalizacijom. Principijelna šema veza pobrojanih elemenata prikazana je na slici 5. Od uporednih vrednosti referentnih napona i napona srazmernih struji kroz srednju granu mosta zavise naponi na izlazu operacionih pojačavača: ako je napon na ulazu u + kraj operacionog pojačavača (označen brojem 3), veći od napona na njegovom - ulazu (broj 2), onda je izlaz operacionog pojačavača, koji je označen brojem 6, na naponu +15 V; u suprotnom slučaju izlaz operacionog pojačavača je na naponu -15 V. Tranzistor T1 će voditi (dobijati baznu struju opd +15V preko otpornika R19 sve dok su izlazi oba operaciona pojačavača na +15V. Ako izlaz bilo kojeg od njih padne na -15 V onda zahvaljujući

prikladno odabranom odnosu otpornika R19/R17 i R19/R18 bazno-emiterski napon T1 postaje negativan, pa kroz bazno-emiterski spoj tranzistora više ne teče struja. Tada tranzistor ne vodi, što za posledicu ima otpuštanje relea i prateći prekid pobude glavnog generatora i gašenje dizel motora.

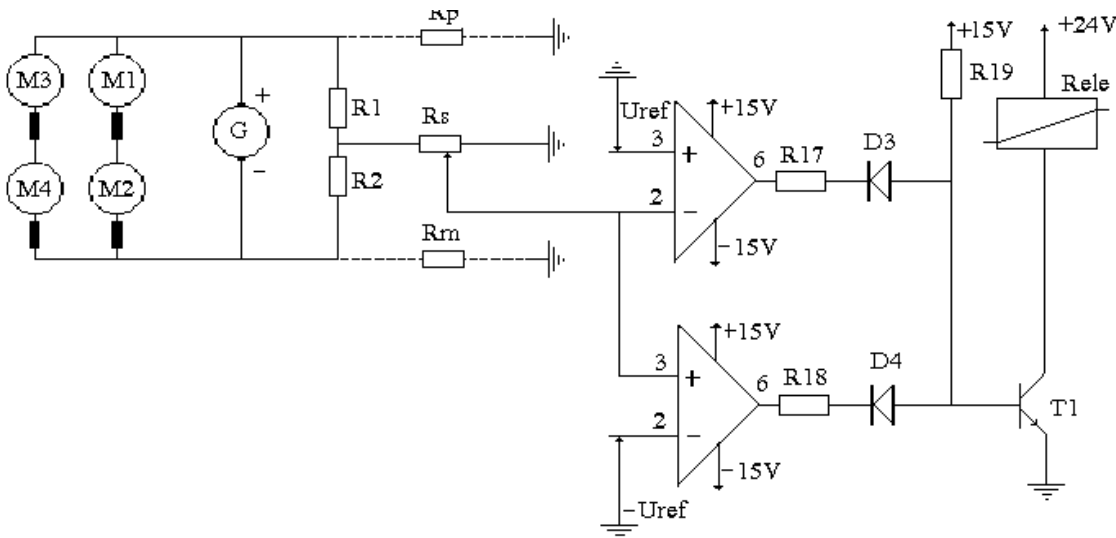
Razlozi za postojanje dvaju operacionih pojačavača sa referentnim naponima suprotnog polariteta, proizlaze iz jednačine za struju srednje grane, iz koje se vidi da ona, zavisno od vrednosti otpora izolovanosti plus (R_p) i minus kraja vučnog strujnog kruga (R_m), može imati dva smera.

Na način na koji je slikom 5 ilustrovano upravljanje izvršnim releom (prag $100 \text{ k}\Omega/\text{V}$) obavlja se i upravljanje svetlećim diodama na nivou $500 \text{ k}\Omega/\text{V}$, za što postoji drugi

par operacionih pojačavača.

Informacije o naponu generatora uvode se u kontrolnik preko izolovanih priključaka pokrivenih plastičnom izolacionom kapom. Niskonaponske veze kontrolnika sa instalacijom vučnog vozila obavljaju se preko robusnog spoljnog konektora EVNK -16N/P, kakav se primenjuje u vojnim uređajima.

Domaća konstrukcija kontrolnika (MKI EP169A) razlikuje se od njegovih ranijih izvedbi u odvojenosti mehaničkih komponenata (relea) od elektronske kartice, udvojenosti svetlećih dioda, povećanoj sposobnosti izdržavanja baterijskog prenapona, povećanoj izolacionoj sposobnosti instalacije kontrolnika prema masi (2000 V) i po prikladnijoj uvodnici za priključenje generatora.



Slika 3. Principijelna šema rada kontrolnika izolovanosti MKI EP169A

Najveći deo ovih izmena urađen je po sugestijama ili zahtevima odgovornih stručnjaka ŽTP-a Beograd. Poseban značaj imaju nabrojane *povećane sposobnosti* zato što direktno utiču na povećanje pouzdanosti uređaja.

5.1. Zaštita elektrovučnih vozila od zemljospoja

Posao individualne zemljospojne zaštite svakog vučnog motora naših električnih lokomotiva mogao bi da obavlja i višestruki, prikladno upakovan kontrolnik MKI EP169A, čije smo karakteristike i izvedbu ovde prikazali.

Drugo rešenje, koje domaća industrija može da ponudi su kontrolnici tipa MKI 200 ciji se rad zasniva na ubacivanju struje 10 Hz u sticeni strujni krug i merenju amplituda i faza struja i napona pod kojim se one ubacuju. Osim sracunavanja otpora izolovanosti i obavljanja zaštitnih funkcija mikroracunar, koji je osnovna komponenta ovih kontrolnika, obavlja i niz infromatickih funkcija i funkcija prenosa podataka.

LITERATURA:

- [1] S. Jelić: Prvo domaće rele zemljospoja za dizel-električne lokomotive, "Železnice", 6/74.
- [2] S. Jelić: Novo rešenje za zaštitu lokomotiva od zemljospoja, "JUREMA", Split, 1985.
- [3] S. Jelić: Novine u zaštiti lokomotiva od zemljospoja i požara (Selektivni kontrolnik izolovanosti MKI kao sredstvo preventivne zaštite) "Tehnika železničkih vozila", Niš 1994.
- [4] S. Jelić: Novine u zaštiti od zemljospoja, eksplozija i požara,

Savetovanje iz oblasti standardizacije i atestiranja električne opreme za eksplozivne atmosfere, "Jugopetrol-Beograd", februar 1995.

- [5] S. Jelić: Stara i nova sredstva kontrole izolovanosti u službi preventivne zaštite, "Izolovane mreže i protueksploziona zaštita", Elektrotehnički fakultet Beograd, 1996.
- [6] S. Jelić, M. Papić, L. Gruić: Savremena selektivna kontrola izolovanosti električnih mreža "Elektroprivreda" br. 2, 2000. god.

INSULATION CONTROL OF DIESEL-ELECTRICAL LOCOMOTIVES

Abstract: Description of insulation control of diesel-electrical locomotives is based on the application of domestic product named MKI EP169A. The part of the paper is consacred to the analysis of particularity of electrical locomotives protection and of their possibile solutions by domestic modern controller MKI 200.

Key words: insulation control, fire protection.

МЕХАТРОНИКА НА ШИНСКИМ ВОЗИЛИМА

Владимир Јовановић¹, Срђан Стојичић²

Абстракт: Повећани захтеви за поузданошћу, безбедношћу, комфором и економичношћу транспорта шинским возилима реализовани су последње три деценије XX века захваљујући развоју микропроцесорске технологије. Класични системи управљања имали су инертности и недостатак огледан у незаобилазном и непремостивом фактору утицаја - човек. Повећани захтеви за економичношћу, безбедношћу, поузданошћу и комфором, који су императив и основни правац развоја савремених шинских возила, реализовани су тек након развоја микропроцесорске технологије и синтезе са механичким и електричним системима погона и управљања.

Кључне речи: Мехатроника, савремена железница, управљање, дијагностика

1. УВОД

Данас, сигурност и економичност рада локомотива и других железничких возила немогуће је остварити без примене модерне електронике. Микропроцесорски управљана, контрола и заштита од проклизавања и блокирања точкова, дијагностички систем, трајно бележење свих радних и пратећих података и програмирани рад су основни алати будућег правца управљачких система на железничким вучним возилима.

У периоду од три деценије широм света успешно се примењују поуздани електронски системи на железничким возилима. Ови системи модуларно су дизајнирани и софтверски подржани, а прилагођени су да успешно реше све проблеме који се срећу у експлоатацији.

До сада су развијени следећи системи управљања:

- микропроцесорски управљан и праћен систем за шинска вучна возила **КМ-DIREKT**, је микропроцесорски систем за основну подршку управљања системом вожње и кочења са дијагностичким приказом;
- систем управљања са заштитом од проклизавања и блокирања точкова за железничка вучна и вучена возила **К-MICRO and K-MICRO compact**, остварује праћење, управљање и уводи стварну корекцију проклизавања или блокирања точкова у најкраћем реалном времену;
- систем за електронско праћење и чување података о раду и руковању **К-МЕМО**, пружа

сталну и комплетну документацију о оцени операционалности и техничком стању железничког возила;

- систем за аутоматско брзинско управљање за вучна возила **Speed control for shunting operations**, остварује прецизно управљање брзином и динамички оптимализује безбедне и економичне ранжирне операције;
- аутоматско програмирано беспосадно управљање **КМ-PROFA**, је оптимално најјекономичнији управљачки систем за компаније са интерним железничким транспортом повезан са КМ-DIREKT микропроцесорски управљан.

2. К-MICRO

К-MICRO, електронски систем обезбеђује заштиту, управљање и снимање релевантних података, а првенствено штити од појаве проклизавања или блокирања точкова. Овај систем има широк спектар могућности, јер микропроцесорски програм омогућава контролу различитих управљачких и регулационих функција, а све то је усклађено са купчевим захтевима и потребама.

Систем управљања К-MICRO можемо поделити у три функционалне групе:

- **Вучни мод:**
 - **заштита од проклизавања:** детектује и штити од појаве изненадног проклизавања точкова и појаву торзионих осцилација у дијапазону од 8 ÷ 15 Hz;

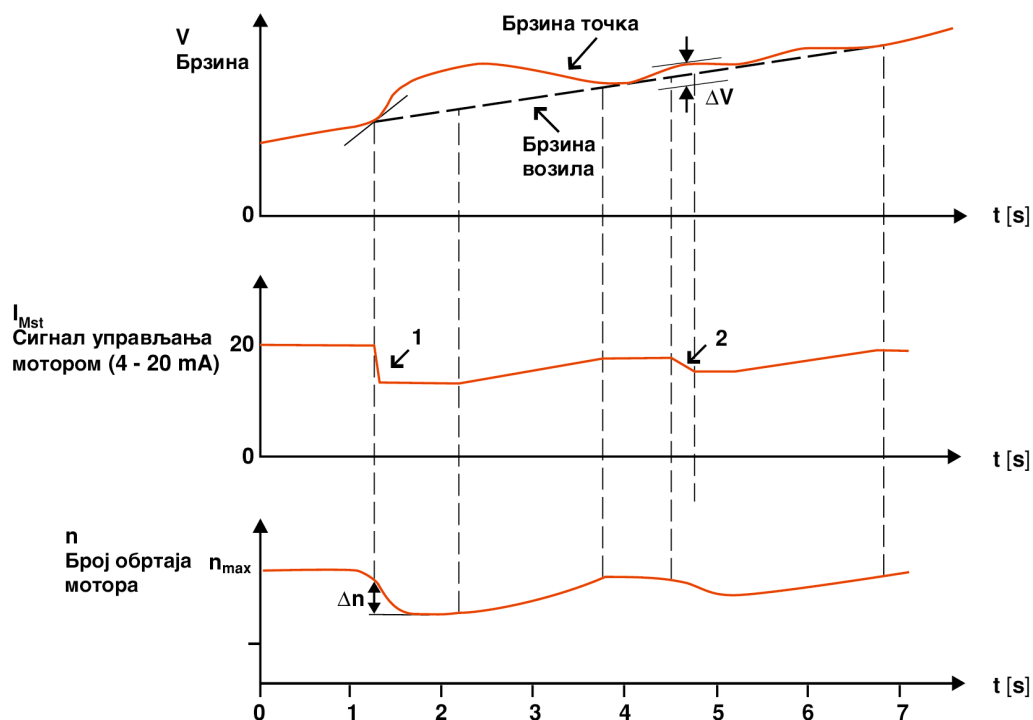
¹ Владимир Јовановић, дипл. маш. инг., главни пројектант, МИН Холдинг Ко. АД "Локомотива", Сектор за развој и пројектовање, Шумадијска 1, 18000 Ниш, e-mail: lokomotiva@bankerinter.net

² Срђан Стојичић, дипл. маш. инг., пројектант, МИН Холдинг Ко. АД "Локомотива", Сектор за развој и пројектовање, Шумадијска 1, 18000 Ниш, e-mail: lokomotiva@bankerinter.net

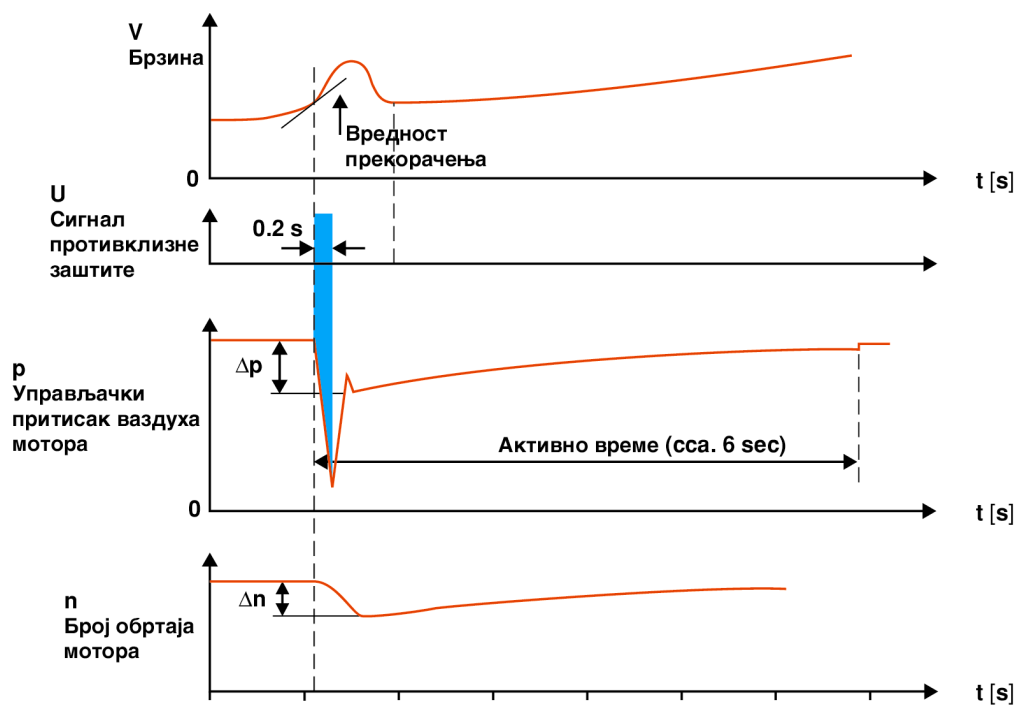
- **заштита од торзионих осцилација:** открива и штити осовински склоп од торзионих осцилација насталих приликом проклизавања тачкова у дијапазону од $50 \div 90$ Hz;
- **ограничење вучне силе:** управља величином вучне силе узимајући у обзир коефицијент адхезије;
- **управљање при брзини пузања:** управља вучном силом при брзинама блиским нули;
- **аутоматско пескарење:** аутоматски укључује систем за пескарење у почетном моменту проклизавања тачкова;
- **максимална контрола снаге:** оптимализује ниво снаге потребне за вучу узимајући у обзир све отпоре, брзину и коефицијент адхезије.
- **Кочни мод:**
 - **заштита од блокирања;**
 - **управљање при брзини пузања:** управља кочењем при брзинама блиским нули;
 - **аутоматско пескарење.**
- **Други модови:**
 - **управљање управљања:** за веће брзине од најмање брзине ($> \sim 0.1$ km/h);
 - **контрола мировања:** без временског ограничења и обезбеђењем од непланираног активирања;
 - **индикација кретања:** региструје и најмање кретање - на пример сигнал за отварање врата;
 - **механизам блокаде:** комплетна заштита од непланираног стартовања.

К-MICRO могуће је квалитетно применити у многим случајевима. Могућности система су такве да су обострано испоштовани и радни захтеви и купчеве потребе и жеље. Овим системом остварује се:

- микропроцесорска заштита од проклизавања и блокирања једне од шест осовина;
- најпрописнија програмска заштита од проклизавања и блокирања применљива код низа различитих критеријума и параметара;
- произведени су и проверени кориснички програми за све типове вучних возила и за управљање различитим врстама вуче (електрична, дизелхидраулична), као и за управљање различитим типом кочница (реостатска, хидраулична, пнеуматска и вакумска);
- брза интервенција на пнеуматску кочну силу остварује се помоћу двоструког електропнеуматског вентила;
- оптимализован је зауставни пут у случају ниског коефицијента адхезије - најбоље адхезионе вредности остварују се при брзини "пузања";
- снажна заштита од блокирања при брзинама испод 2 km/h, када је вредност адхезије око минимума;
- током проклизавања, потрошња ваздуха за пнеуматски кочни систем је минимална, зато што је интервентно време прецизно одређено и контролисано.



Сл. 1. Против клизна заштита са електронском регулацијом



Сл. 2. Противклизна заштита са функционалним вентилом

К-MICRO систем управљања карактерише и следеће:

- за време остварења сваке максималне вредности адхезије погонске компоненте и чеоне површине шина поуздано су заштићене од наканадног преоптерећења током проклизавања;
- аутоматски се компензују разлике у пречницима точкова код вишеосовинских вучних возила;
- бежични пренос за регистрацију брзина испод 0 km/h директним сензором;
- систем није потребно одржавати;
- самотестирање са индикацијом различитих кварова на смањеним замењљивим електронским картицама;
- стална провера перформанси док је возило у погону;
- бележење свих случајних кварова који утичу на смањење снаге;
- инструкције и информације програмски могу да се пренесу до машиновође или диспечерског центра;
- серијски интерфејс је предвиђен за прецизније дијагностицирање или двосмерну размену података.

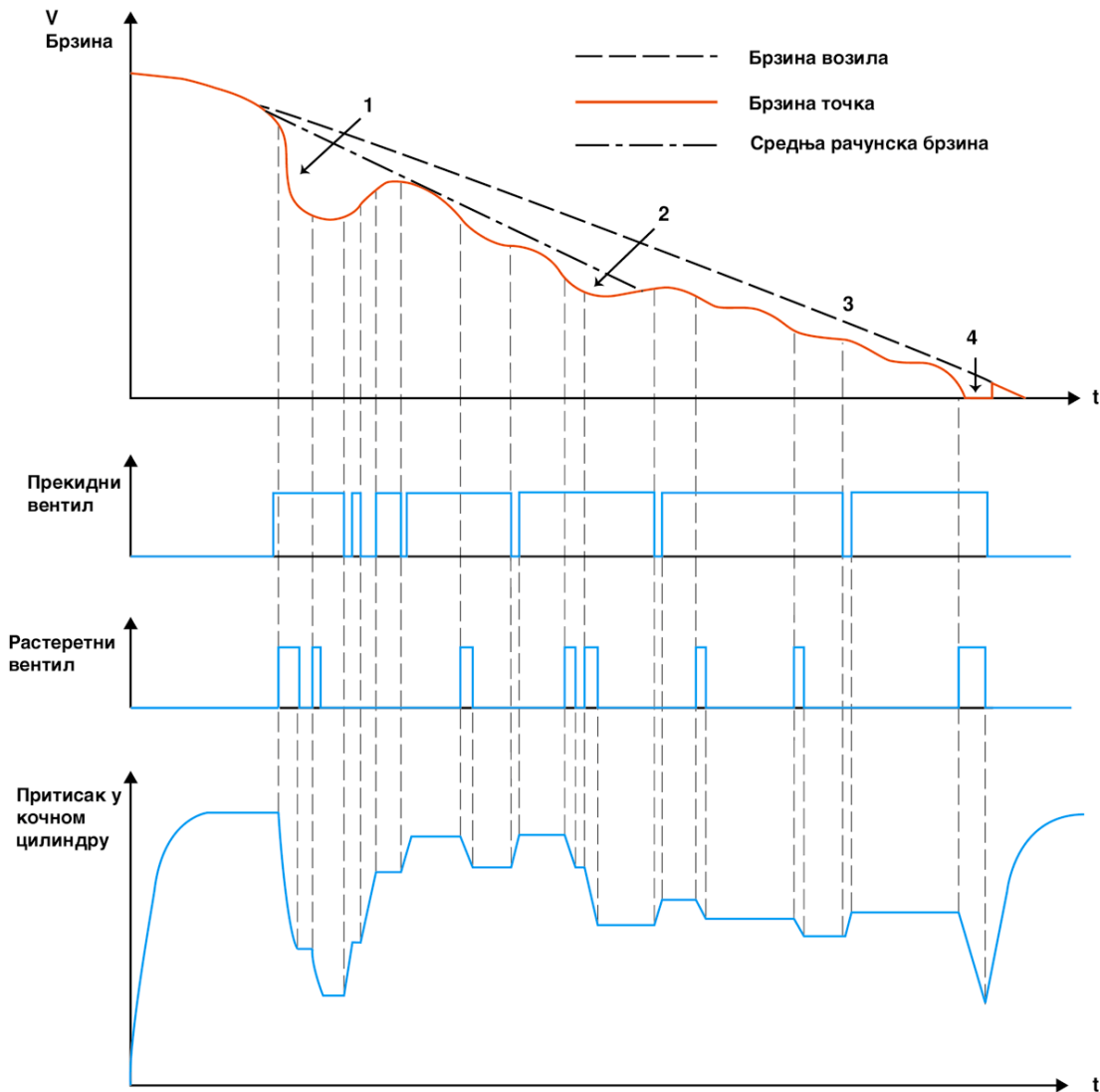
3. К-MICRO and К-MICRO compact

Ови микропроцесорски управљани и контролисани управљачки системи за шинска вучна возила обезбеђују:

- микропроцесорски управљана заштита од проклизавања или блокирања једне од максимално четири погонске осовине и у фази вуче и у фази кочења;
- програмску подршку противклизне и

противблокирајуће заштите са алгоритмом који садржи велики број динамички променљивих критеријума и параметара;

- оптимализовање вучне силе узимајући у обзир отпоре и коефицијент адхезије;
- оптимализује зауставни пут при јако ниским коефицијентима адхезије;
- аутоматски издаје команду за пескарење;
- брза интервенција на пнеуматској кочној сили преко двоструког растеретног вентила;
- поуздана заштита од блокирања точкова при брзинама мањим од 2 km/h током кочења и при врло ниском коефицијенту адхезије;
- минимална потрошња ваздуха током корекције пнеуматског кочења и појаве блокирања;
- компјутерски независан ниво и излаз за сваки растеретни вентил;
- аутоматска компензација разлике у пречницима код вишеосовинских система са независним погоном (максимално четири);
- систем без потребе одржавања;
- самотестирање са индикацијом различитих кварова на смањеним замењљивим електронским картицама;
- стална провера перформанси док је возило у погону;
- бележење свих случајних кварова који утичу на смањење снаге;
- инструкције и информације програмски могу да се пренесу до машиновође или диспечерског центра;
- серијски интерфејс је предвиђен за прецизније дијагностицирање или двосмерну размену података.



Sl. 3. Tipična sekvenca blokiranja točkova

4. К-МЕМО

К-МЕМО је електронска база података за управљање локомотивским подацима. Овај систем интегрише три различите меморијске функције и то:

- тренутну меморију;
- дијагностичку меморију;
- дугорочну меморију.

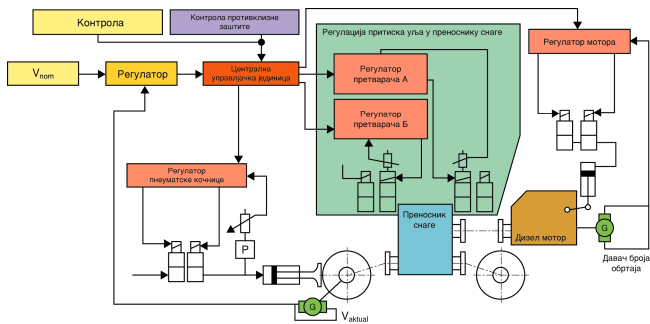
Код тренутне меморије могућ је пренос података радио путем у моменту отказа. Ови подаци се преносе персоналу радионице, како би интервенција била што ефикаснија. Ако је радио пренос искључен, подаци могу бити пребачени на лаптоп.

Дијагностичка меморија омогућује континуално праћење дијагностичких података и њихов трансфер радио путем. Једном промењена дијагностичка информација тренутно се преноси радио путем дајући тачне податке времену и датуму промене.

Дугорочна меморија ради као што каже и сам назив. Сигнали се преносе радио путем сваких десет минута тако да је могуће пратити еволуцију података. Како је мало оптерећен преносни канал преносом података, могуће је истовремено истим каналом пратити податке до 25 локомотива.

5. КОНТРОЛА БРЗИНЕ КОД МАНЕВАРСКИХ ОПЕРАЦИЈА

Рад маневарских локомотива, као и рад локомотива уопште, праћен је низом утицаја који у појединим фазама рада доводе до нежељених појава, а ове уколико су учестале и интензивне могу да изазову и веће хаварије на локомотиви. Појава проклизавања погонских тоčkova локомотиве при малим брзинама позната је још од појаве прве локомотиве. Нагли прираштај вучне силе, или нагли пад коефицијента адхезије, основни су узроци проклизавања погонских тоčkova локомотиве. Неконтролисани прираштај вучне силе, тј. убрзања, последица је недовољне еластичности и ефикасности регулационог система погонске групе и незаобилазног утицаја у управљању који има руковаоц. На променљивост коефицијента адхезије утиче више фактора, али они неће бити разматрани у овом раду.



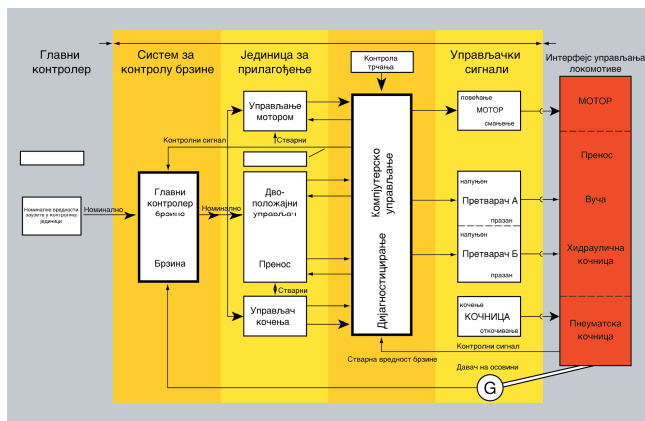
Сл. 4. Функционална шема погона маневарске локомотиве управљане системом за контролу брзине

Код интензивног и неконтролисаног кочења није ретка појава блокирања точкова, те долази до клизања блокираних точкова локомотиве по шинама. Као последица јављају се равна места на точковима локомотиве, те као такви морају да иду на обраду по кругу котрљања.

који се јављају том приликом, преносе се посредством трансмисионог система и на друге делове локомотиве. Са енергетског становишта, проклизавање погонских точкова је несумљиво чист енергетски губитак. Несумљиво је да проклизавање погонских точкова за крајњу последицу има повећање времена имобилизације и укупних мареријаних трошкова.

Управљање маневарском локомотивом уз помоћ система за контролу брзине дало је изванредне резултате у експлоатацији, што се огледа у знатном повећању ефикасности, значајној уштеди енергије, повећању сигурности и свођењу времена имобилизације на минимум а све ово је праћено веома добрим финансијским ефектима.

На слици 4 шематски је дат приказ погона маневарске локомотиве управљане системом за контролу брзине.



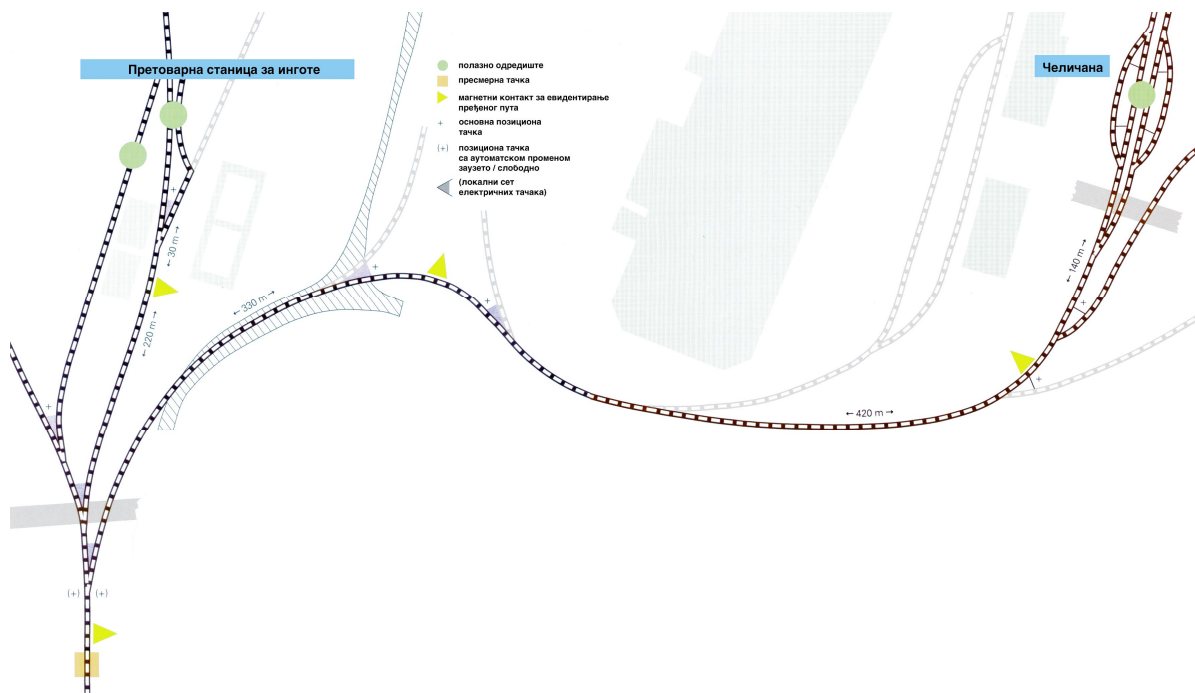
Сл. 5. Блок дијаграм система за контролу брзине

При проклизавању погонских точкова, долази до појаве нежељених торзионих осцилација, које временом доводе до замора материјала и лома осовине. Удари

Блок дијаграм на слици 5 приказује све могућности система за контролу брзине. Код овог система постоји могућност управљања класично (мануелно) или радио путем.

6. KM-PROFA

KM-PROFA комбинован са KM-DIRECT системом управљања представља аутоматски програмирани беспосадни систем управљања маневарским локомотивама у оквиру интерног саобраћаја у некој компанији. Овакав систем управљања маневарским локомотивама реализован је у челичани Dillinger Hüttenwerke и дао је изванредне резултате. Ови резултати се односе на терминираност, поузданост, прецизност и рационалност у раду, а све то прате одлични финансијски ефекти.



Сл. 6. Транспортни пут у челичани Dillinger Hüttenwerke

Карактеристика овог система је одсуство машиновође на локомотиви. Локомотива је запоседнута од стране само једног контролора и то више због психолошких разлога присутних радника. Саобраћај се аутоматизовано врши између претоварне станице, где се вагони товаре челичним инготима, и челичане.

Литература

- [1] Krauss Maffei: "Anti-wheelslip and anti-wheelskid device", München 1993.
- [2] Krauss Maffei: "Speed Control for Shunting Operations", München 1993.
- [3] Krauss Maffei: "Electronic storage system for the management of locomotive data", München 1994.
- [4] Krauss Maffei: "Programed operation with KM-DIRECT and KM-PROFA", München 1994.
- [5] Alstom Transport SA, "General conditions for Electric trains Shanghai", maj 2000. god.
- [6] Alstom Transport SA, "Tecnical specification'Bracking and air suspension control for Electric trains-Bangkok", juni 2001. god.

PROJEKTOVANJE I PROIZVODNJA ŽELEZNIČKIH VOZILA U VIRTUELNOM OKRUŽENJU

Anica Milošević¹, Miloš Milošević², Stojan Stamenković³

Rezime - Rastući zahtevi na postizanju viših performansi i nivoa usluga u 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 i vrednosti proizvoda, čime se konačno utiče na poboljšanje komfora putnika i povećanje bezbednosti vožnje i brzine kretanja. Ovim radom je učinjen korak u povezivanju programskih paketa sa ciljem integralnog pristupa procesu projektovanja i tehnologiji izrade železničkih sklopova i konačno čitavih železničkih vozila podržane računarom. Povezivanje i integracija programa za vođenje virtualne proizvodnje železničkih vozila, kroz razmenu rezultata simulacija trodimenzionalnih modela železničkih sklopova u pojedinim fazama projektovanja, pomažu da se proces projektovanja i proizvodnje realizuje u oblasti virtualnog, računarskog okruženja. Virtualno projektovanje i integracija programskih paketa u jedinstveni softverski aparat za projektovanje i tehnologiju izrade železničkih vozila u potpunosti koriste sve mogućnosti koje virtualno okruženje pruža u funkciji potpunog shvatanja dinamičkog ponašanja železničkih vozila i njihovo funkcionisanje u realnim okolnostima.

Ključne reči - železnička vozila, projektovanje, tehnologija izrade, programski paketi

1. UVOD

Danas inženjeri pri razvoju novog proizvoda od njegovog koncepta do konačnog uobličavanja i proizvodnje, koriste računare u okviru računarskog inženjerstva CAE (*Computer Aided Engineering*), pri čemu im je na raspolaganju čitav niz softverskih alata za projektovanje i razvoj proizvodnje u virtuelnom okruženju VPD (*Virtual Product Development*). Pored ostalih, kao najznačajniji tu se mogu izdvojiti programi za geometrijsko modeliranje mašinskih sistema primenom računara CAD (*Computer Aided Design*), čiji je sastavni deo za realizaciju i izradu tehničke dokumentacije CADD (*Computer Aided Design Drafting*), zatim programi koji koriste metode konačnih elemenata FEA za strukturnu analizu kontinuuma FEM (*Finite Element Methods*), kinematski i dimanički programi za simulaciju kretanja pokretnih mašinskih sklopova, programi koji kao osnovu imaju baze podataka standardnih geometrijskih entiteta za projektovanje tehnologije proizvodnje i tehnoloških procesa postupaka izrade CAPP (*Computer Aided Process Planning*) u okviru kojih su i programi za planiranje, upravljanje i kontrolu tehnoloških procesa u proizvodnji CAM (*Computer Aided Manufacturing*). Programski alati u okviru navedenih oblasti upotrebe računara predstavljaju osnovne module CIM (*Computer Integrated Manufacturing*) koncepta u računarom integrisanom procesu nastajanja proizvoda.

Programi za geometrijsko modeliranje mašinskih sistema primenom računara, kinematski i dimanički programi za simulaciju kretanja železničkih vozila, programi koji za analizu koriste metode konačnih elemenata i programi za projektovanje i tehnologiju izrade u proizvodnji železničkih vozila, čija se međusobna povezanost ogleda u upotrebi jedinstvenog, trodimenzionalnog, geometrijskog modela kao predmeta rada, predstavljaju četiri, do sada neintegrisana pristupa u procesu projektovanja i tehnologije izrade u proizvodnji

železničkih vozila podržane računarom. Prvobitna ideja kombinovanja u cilju zajedničke analize realizovana je kroz povezivanje dve vrste različitih programa, tako su u procesu projektovanja uspešno ostvarene kombinacije programa za geometrijsko modeliranje sa programima za analizu konačnim elementima u cilju ispitivanja nosivosti strukture železničkih vozila, ili sa programima za kinematičku i dinamičku analizu kretanja pokretnih sklopova sa svrhom simuliranja ponašanja modeliranog geometrijskog modela železničkih vozila, ili sa programima za projektovanje i tehnologiju izrade železničkih vozila. Sledeća napredna ideja, koja se još uvek odnosi samo na proces projektovanja, radi opštijeg sagledavanja dinamike ponašanja i funkcionisanja železničkih vozila u realnim okolnostima, dovela je do povezivanja tri tipa programa. Prenosom opterećenja generisanih u procesu simulacije kretanja iz programa za kinematičku i dinamičku analizu železničkih vozila u programe za analizu metodom konačnih elemenata izvršena je njihova direktna povezanost, dok je indirektna veza ostvarena sa programom za geometrijsko modeliranje.

2. PROJEKTOVANJE ŽELEZNIČKIH VOZILA U VIRTUELNOM OKRUŽENJU

Proces projektovanja predstavlja usklađivanja zahteva projektanta i tehnologa u konkretnom proizvodnom okruženju. To je niz misaonih, kreativnih, iterativnih, optimizacionih radnji i postupaka koje imaju presudan uticaj na uspešnost ostalih faza koje slede, a to su proizvodnja i plasman na tržištu. Projektovanje je proces definisanja cilja u meri i na način uslovljen tipom i svrhom predmeta projektovanja.

Ako je predmet projektovanja železničko vozilo, javlja se potreba za razvojem proizvoda kod koga je povećan nivo usluga koje se odnose na povećanje bezbednosti vožnje, porast brzine kretanja, povećanje komfora i bezbednosti putnika, pri istovremenim zahtevima

¹ Anica Milošević dipl. ing., Viša tehnička škola, Beogradska 20, Niš, Jugoslavia e-mail: mikinb@bankerinter.net;

² mr Miloš Milošević, Mašinski fakultet, Beogradska 14, Niš, Jugoslavia e-mail: mmilos@masfak.ni.ac.yu;

³ dr Stojan Stamenković, Viša tehnička škola, Beogradska 20, Niš, Jugoslavia

za što manjim troškova nabavke novih vozila, minimalnim vremenom izrade, redukovanjem potreba za naknadno održavanje i dr. Proces projektovanja tehnoloških procesa se deli u tri faze:

- planiranje izrade,
- planiranje procesa i
- planiranje operacija.

Ove faze se u praksi prepliću, tako da ne mogu strogo da se razgraničavaju, ali su ciljevi svih faza usmereni ka projektovanju proizvoda u raspoloživim proizvodnim okolnostima. Zbog toga se u praksi retko razmatraju kao posebne faze, a mnogo češće kao integralne komponente projektovanja tehnoloških procesa. Projektovanje železničkih vozila predstavlja postupak transformacije funkcionalnih zahteva u strikturni opis samog železničkog vozila kojim se obezbeđuju njegova neophodna svojstva, kako geometrijska i materijalna, tako i funkcionalna, estetska i druga, a pored toga i proces definisanja neophodnih informacija za projektovanje tehnološkog procesa proizvodnje samog železničkog vozila.

Projektovanje i proizvodnja železničkih vozila pomoću računara predstavlja upotrebu računara u aktivnostima procesa projektovanja i tehnologiji izrade proizvoda, kao što su kreiranje i izrada koncepta železničkih vozila, razrada projektnog rešenja, geometrijsko modeliranje, analize i modifikacije, optimizacija, izrada projektno dokumentacije, projektovanje tehnologije izrade železničkih vozila, tehnoloških postupaka i procesa i samo učešće u procesu proizvodnje kroz upravljanje numerički upravljanim mašinama i operacijama kontrole sa osnovnim ciljevima izraženim kroz skraćivanje procesa projektovanja, povećanja kvaliteta proizvodnje i smanjenja ukupnih troškova, što konačno rezultira kvalitetnijim, pouzdanijim i jeftinijim železničkih vozila.

Sistemi za projektovanje i tehnologiju izrade železničkih vozila pomoću računara, predstavljaju računarske sisteme koji automatizuju pojedine faze procesa projektovanja i izvršenja proizvodnih procesa i integrišu u jednu skladnu celinu sve radnje vezane za virtualno projektovanje železničkih vozila. Grupisanjem pojedinih srodnih aktivnosti u procesu projektovanja i proizvodnje železničkih vozila podržane računarom, mogu se izdvojiti nekoliko osnovnih faza:

- Postavljanje projektnog zadatka. Na osnovu potražnje, analize tržišta i ispitivanja postojećih železničkih vozila donosi se program razvoja novih proizvoda. U skladu sa definisanim ciljem postavlja se projektni zadatak kojim se definišu potrebne karakteristike i performanse železničkih vozila koje novi proizvod mora da zadovolji. Primena računara u ovoj fazi se odnosi na pretraživanje i prikupljanje informacija prvenstveno korišćenjem globalne računarske mreže (Internet), čiji razvoj ima veoma veliki uticaj na brzinu širenja informacija i znanja.
- Postavljanje koncepta **železničkih vozila**. U ovoj, vrlo kreativnoj fazi, definiše se osnovna struktura železničkih vozila, analizira se i vrši izbor osnovnih principa funkcionisanja ovih vozila, njegovih glavnih komponenti, definiše se idejno i

tehničko rešenje, usvaja pogonski sistem i slično. Do koncepta i idejnog rešenja proizvoda se dolazi posle niza iterativnih i optimizacionih pretraživanja različitih varijanti, pri čemu se upoređuju svojstva kvaliteta, troškovi proizvodnje, tehnološki konstrukcije i ostalo. U ovoj fazi računar se koristi za izvršenje različitih ekonomskih analiza i proračuna, pretraživanje i prikupljanje informacija o idejnom i tehničkom rešenju železničkih vozila. Razvoj veštačke inteligencije i ekspertnih sistema omogućio je korišćenje računara u znatnoj meri i u ovoj vrlo kreativnoj i važnoj fazi razvoja železničkih vozila, koju ugalvnom karakterišu misaoni procesi.

- Geometrijsko oblikovanje. U ovoj fazi vrši se definisanje oblika i dimenzija železničkih vozila u meri koja je neophodna za sprovođenje potrebnih proračuna, analiza i simulacija koje se sprovode u sledećoj fazi projektovanja. Primenom računara u okviru računarske grafike metodama geometrijskog modeliranja obrazuje se trodimenzionalni geometrijski model delova i samih železničkih vozila sa realističnim prikazom koji u naredne faze procesa projektovanja prenosi informaciju o geometriji železničkih vozila.
- Korigovanje konstruktivnog rešenja železničkih vozila. U ovoj fazi projektovanja se na bazi postavljenog geometrijskog modela železničkog vozila, sa karakterističnim oblikom i dimenzijama primenom različitih programskih paketa vrše neophodni proračuni svojstava modela, analize i simulacije ponašanja u realnim uslovima funkcionisanja u cilju predviđanja potencijalnih mesta otkaza, odnosno vrši se optimizacija u cilju zadovoljenja postavljene funkcije cilja. Najčešće se za proračun elastodinamičkih svojstava koristi metod konačnih elemenata, dok se primenom različitih metoda matematičke optimizacije vrši traženje optimalnog rešenja promenom konstruktivnih parametara oblika ili dimenzija železničkih vozila. Ekspertni sistemi, kada se koriste u ovoj fazi, namenjeni su proveriti usaglašenosti konstrukcije železničkih vozila sa standardima ili proveriti tehnološki izabrane strukture železničkih vozila. Na osnovu dobijenih informacija vrši se korigovanje početne konstrukcije u cilju izbora pouzdanog i optimalnog konstruktivnog rešenja železničkih vozila. Ovu fazu karakteriše izuzetno veliko angažovanje računarskih resursa, tako da se zahtevaju računari moćnih performansi.
- Izrada konstruktivne dokumentacije. Prethodno uobličen proizvod kroz trodimenzionalni geometrijski model dobija u ovoj fazi konačan, detaljan opis u vidu tehničkih crteža železničkih vozila, konstruktivne dokumentacije, električnih šema i raznih uputstava o korišćenju i održavanju. U ovoj fazi se računar koristi kao pomoćno sredstvo da se na lakši, efikasniji i brži način obave rutinski poslovi izrade tehničkih crteža i uputstava. U trenutku kada projektovanje i proizvodnja železničkih vozila budu potpuno integrisani i podržani računarom smanjiće se

potreba za izradom klasične tehničke i konstruktivne dokumentacije, jer će pojedini parametri tehnološkog i proizvodnog procesa biti sadržani u samom geometrijskom modelu.

- Razvoj tehnološkog procesa proizvodnje železničkih vozila. Kao izlaz iz procesa projektovanja dobijaju se crteži delova i čitavih železničkih vozila sa geometrijskim i tehnološkim karakteristikama. Oni predstavljaju polaznu osnovu za projektovanje tehnologije proizvodnje, planiranje tehnologije i izradu tehnoloških procesa i postupaka izrade železničkih vozila, pri čemu se težnja upotrebe računara ogleda u pretraživanju baze podataka o tehnološkim mogućnostima sistema na osnovu određene logike odlučivanja po kojoj će se vršiti usvajanje potrebnih operacija i zahvata i njima usloveljenih alata. Na taj način se vrši povezivanje procesa projektovanja sa procesom izrade tehnologije železničkih vozila u kome se računar koristi kod planiranja, upravljanja i kontrole operacija u tehnološkim procesima posredstvom numerički upravljanih mašina. Za ovu fazu je sve značajnija upotreba računara, naročito sa uvođenjem savremenih numerički upravljanih mašina u proizvodni proces.

Nakon ovih faza kod kojih je upotreba računara direktno povezana sa procesom projektovanja i proizvodnje železničkih vozila sledi faza eksperimentalne analize u kojoj je potrebno izvršiti različita laboratorijska ili industrijska ispitivanja na realnom prototipu, u cilju verifikacije pravilnog izvršenja prethodnih radnji. I ovde računar dolazi do izražaja naročito prilikom prikupljanja i smeštaja podataka. Rezultati obavljenih merenja mogu se grafički interpretirati, dodatno obrađivati, pa čak i koristiti za simulacije realnih uslova u laboratorijama.

U poslednje vreme veoma su aktuelne metode brze izrade prototipova (rapid prototyping), koje omogućavaju da se na osnovu geometrijskog modela železničkih vozila, primenom mehaničkih ili toplotnih metoda, kao i laserskog zračenja, uz upotrebu specijalnih materijala, za kratko vreme dobije prototip budućeg proizvoda, koji može da se iskoristi za dalje analize i verifikaciju njegovih funkcionalnih ili estetskih svojstava.

Sa daljim razvojem ekspertnih sistema i veštačke inteligencije, sa stalnom tendencijom usavršavanja hardverskih i softverskih resursa računara, kao i pratećih mašina i opreme, moguće je sve značajnije učešće računara u svim fazama procesa projektovanja železničkih vozila, a naročito u onim gde se još uvek isključivo zahteva ljudska kreativnost. To se prvenstveno odnosi na pružanje saveta pretraživanjem baze znanja na osnovu rezultata izvršenih analiza i simulacija, ali je projektant ipak taj koji treba da donese konačnu odluku.

Ovakva integracija programskih paketa dovela je do savremenog pristupa projektovanju, kod koga se umesto izgrađivanja i testiranja realnih prototipova železničkih vozila, odgovarajućim povezivanjem različitih programskih alata, simulacije i analize u procesu projektovanja vrše na modeliranim trodimenzionalnim železničkim vozilima, koji predstavljaju virtualne prototipove. Simulacijom takvih modela moguće je analizirati brojne uticaje parametara pri modifikovanim strukturama izvođenja ili različitim

uslovima rada sve do postizanja optimalnog rešenja u procesu projektovanja. Na taj način se utiče na ubrzanje samog procesa projektovanja, a samim tim se smanjuju ukupni troškovi i vreme potrebno za stvaranje novog tipa železničkih vozila.

3. ZAKLJUČAK

Ovim radom je učinjen korak u povezivanju programskih paketa sa ciljem integralnog pristupa procesu projektovanja i proizvodnje železničkih sklopova i konačno čitavih železničkih vozila podržane računarom. Povezivanje i integracija programa za vođenje virtuelne proizvodnje železničkih vozila, kroz razmenu rezultata simulacija trodimenzionalnih modela železničkih sklopova u pojedinim fazama projektovanja, pomažu da se proces projektovanja i proizvodnje realizuje u oblasti virtuelnog, računarskog okruženja. Međutim, i pored vrlo razvijenog okruženja programa za vođenje virtuelne proizvodnje, neophodno je izvršiti potpunu integraciju programa sa težnjom da se ispuni određena ciljna funkcija. Tako na primer, potpuna integracija programskih paketa u jedinstveni softverski aparat za projektovanje i proizvodnju železničkih vozila u potpunosti bi iskoristile sve mogućnosti koje virtuelno okruženje pruža u funkciji potpunog shvatanja dinamičkog ponašanja železničkih vozila i njegovo funkcionisanje u realnim okolnostima. To omogućava otkrivanje mesta sa potencijalnim greškama u konstrukciji i predviđanja mogućnosti otkaza nekih njegovih delova i to sve bez potrebe za realizovanjem prototipova, već isključivo primenom trodimenzionalnih modela železničkih vozila kao virtuelnih prototipova. Ovakvim jedinstvenim pristupom projektovanju i proizvodnji železničkih vozila podržanim računarom se smanjuje mogućnost unošenja greške prilikom povezivanja programa pri razmeni rezultata simulacije, zatim se izbegavaju aproksimacije, pretpostavke i uprošćenja koja nastaju kao posledica međusobnog usklađivanja pojedinih programa, čime se još više približavaju uslovi simulacije virtuelnih modela realnim uslovima eksploatacije železničkih vozila. Na taj način se utiče na optimizaciju samog procesa projektovanja i proizvodnje železničkih vozila, čime se stvaraju dodatni uslovi za razvoj efikasnijih, kreativnijih, pouzdanijih i jeftinijih proizvoda, odnosno, naknadno se smanjuju ukupni troškovi i vreme potrebno za stvaranje i plasman novog železničkog vozila na tržište.

Jedan razlog da vreme razvoja prototipa bude minimalno je dosledna primena alata zasnovanih na modelu železničkih vozila i njihovo stalno podešavanje hardverskoj stvarnosti. Pokazano je da se železnička vozila mogu potpuno projektovati i parametarizovati pomoću kompijutera, bez neophodnosti da se čine dodatna podešavanja za vreme ispitivanja prototipa. Dalja poboljšanja su isključivo usmerena poboljšanjima modela železničkih vozila. Ova analiza i način projektovanja otvaraju široko polje ušteda, istovremeno u vremenu i troškovima, ali takođe kreiraju dublje razumevanje svojstava železničkih vozila i stvaraju mogućnost za opsežan proces poboljšanja koja su kompijuterski podržana i koja ne gube kontakt sa realnošću.

LITERATURA

- [1] Domazet, D., Trajanović, M., Manić, M.: "Uvod u računarski integrisane proizvodne sisteme", Knjiga 1, Beograd, (1989).
- [2] Gilbert, B.: "VIRTUAL TEST TRAINS", World Congress on Railway Research, Köln, (2001).
- [3] Han, J. H., Requicha, A. A. G.: "Integration of feature based design and feature recognition", Computer-Aided Design, Vol. 29, No. 5, (1997).
- [4] Qiang, J. Marefat, M. M.: "Machine interpretation of CAD data for manufacturing applications", ACM Computing Surveys, (1997).
- [5] Requicha, G. A. A.: "Geometric reasoning for intelligent manufacturing", Commun. ACM, Special Issue on Computer Science in Manufacturing, Vol. 39, No. 2, (1996).
- [6] Rossignac, J.: "The 3D revolution: CAD access for all", International Conference on Shape Modeling and Applications, Aizu-Wakamatsu, Japan, IEEE Computer Society Press, (1997).
- [7] Voelcker, H.: "Modeling in the design process", Design and Analysis of Integrated Manufacturing Systems, National Academy Press, Washington, DC, (1988).

RAIL VEHICLES DESIGN AND PRODUCTION IN VIRTUAL ENVIRONMENT

Anica Milošević¹, Miloš Milošević², Stojan Stamenković³

***Abstract** – Increasing demands concerning higher performance and level of services in rail business, as well as industrial applying of high developed design proceses, bring about new rail products development with the aim on mind to reduce producing time and costs and raise produce quailty that finaly result in passenger comfort, running safety and speed improving of rail vehicles. This paper represents a step in integrating existing computer software packages on purpose to obtain integral approach to design and technology process of rail assemblies and finally complete railway vehicles aided by computer. Conecting and integrating computer programs for virtual producing by exchanging simulation results of threedimensional rail vehicles models from some design phrases, contribute to the process of rail vehicles design and production to be done in virtual, computer environment. Virtual design and integration of computer software packages in a unique tool for rail vehicles design and production use all possibilities that virtual environment offers in fuction of completly understanding dynamical behaviour of rail vehicles and their functioning in real circumstances.*

Key words – rail vehicles, design, manufacturing, software

MEHATRONIČKI PRISTUP REŠAVANJU PROBLEMA STABILNOSTI ŽELEZNIČKIH VOZILA

Miloš Milošević¹, Života Živković²

Rezime - Na polju železničkog poslovanja postoje stalno rastući zahtevi na postizanju viših performansi i nivoa usluga koji se prvenstveno odnose na poboljšanje komfora putnika, povećanje bezbednosti vožnje i porast brzine kretanja, pri istovremenim zahtevima za smanjenjem osnovnih troškova nabavke novih vozila, redukovanjem potreba za naknadnim održavanjem – istovremeno i na vozilima i na infrastrukturi. U pogledu ovog konflikta koncept konvencionalnih ogibljenja će vrlo brzo dostići svoje granice tehnoloških i tehničkih mogućnosti prilagođavanja. Slično kao i u automobilske industriji korišćenje aktivnog upravljanja stoga postaje sve interesantnije i u oblasti železničkih vozila. Da bi se postigli ovi veoma oprečni zahtevi neophodno je uvođenje aktivnih komponenata na ekonomičan način, pri čemu se tradicionalni pristupi projektovanju železničkih vozila moraju u potpunosti zameniti procesom mehatroničkog projektovanja. Struktura jednog aktivnog sistema bočnog ogibljenja vozova velikih brzina projektovanog primenom mehatroničkog pristupa biće prikazana u ovom radu.

Ključne reči - železnička vozila, obrtna postolja, projektovanje, mehatronika

1. UVOD

Mehatronika predstavlja integrisano projektovanje i razvojnu filozofiju sistema koji u sebi sadrže mehaničke, električne i upravljačke komponente, pri čemu se uzimaju u obzir i njihove međusobne veze i uticaji. U tradicionalnom procesu projektovanja, prvi korak u razvoju proizvoda je projektovanje mašinskog sistema. Zatim nezavisno od prethodne faze sledi projektovanje električnih, ili nekih drugih aktivnih komponenata i konačno se kao završna faza projektovanja generiše upravljanje koje aktivno utiče na ponašanje celokupnog sistema. Kod mehatroničkog pristupa projektovanju se istovremeno, a ne pojedinačno i nezavisno razmatraju sve navedene faze projektovanja, tako da se ostvaruje mašinska struktura koja se istovremeno priprema za električnu implementaciju sistema koji treba da osvari efikasno aktivno upravljanje.

Mehatronički pristup projektovanju železničkih vozila iskorišćen je za rešavanje problema njihove stabilnosti uvođenjem sistema aktivnog bočnog ogibljenja kod vozova koji ostvaruju velike brzine kretanja. Potreba za obezbeđivanjem zahtevane funkcije nošenja i ogibljenja sanduka vozila, praćenje šina i prenošenje vučne sile i sile kočenja između vozila i šina u toku kretanja, spadaju u najčešće probleme koje treba rešiti prilikom analize stabilnost i bezbednosti kretanja železničkih vozila. Navedeni rastući zahtevi unutar tradicionalnog mašinskog pristupa projektovanju zahtevaju dodatne ili znatno poboljšane pasivne komponente koje vode ka kompleksnim, ponekad veoma složenim konfiguracijama obrtnih postolja, a samim tim i do dodatnog povećanja težine. Pokušaj prelaska na aktivne sisteme je bio prilično ograničenih mogućnosti, pošto su prvi aktivni sistemi bili uvedeni na klasičnim mehaničkim sistemima koji su već bili potpuno završeni, tako da nije bilo ostavljeno mnogo prostora za implementaciju aktivnih sistema. Amortizeri koji su mogli da se aktivno podešavaju davali su izvesno poboljšanje, međutim, prednost ovih komponenata je

morala da se ostvari u pasivnoj sredini što kao spoj nije davalo zadovoljavajuća poboljšanja.

Cilj ovog novog mehatroničkog pristupa je da se tradicionalne mehaničke komponente redizajniraju uvođenjem upravljačkih aktivnih elemenata, odnosno uvođenje novih integrisanih funkcionalnih elemenata koji zamenjuju nekoliko tradicionalnih komponenata, čime se redukuje mehanička kompleksnost skoro na minimum i obezbeđuje se najviši stepen efektivnosti i efikasnosti aktivnog električnog upravljačkog sistema, kao i funkcionisanje svakog od podsistema pri svom optimumu pošto sveukupni koncept projektovanja sistema od samog početka projektovanja uzima sve njegove posebne zahteve u razmatranje. Tako se, na primer, potreba za nezavisnim poluaktivnim bočnim amortizerom i izvršnim delom, može realizovati samo pomoću jednog aktuatora optimizirane funkcije. Međutim, sa druge strane, pokušaj da se redukuje težina železničkih vozila primenom lakih nosećih konstrukcija i redukovanjem mehaničke složenosti obrtnih postolja, uvodi ozbiljan rizik pojave strukturnih vibracija. Ovaj problem se teško može da reši pasivnim komponentama pri složenim uslovima funkcionisanja, ali je to moguće ostvariti najsavremenije razvijenim aktuatorima i naprednim algoritmima upravljanja koji razmatraju sistem koji funkcioniše kao celina. Takođe, uvođenjem ovih funkcionalnosti instalira se istovremeno skoro potpuni sistem za praćenje i dijagnosticiranje stanja i rada mehatroničkog sistema, kao i potreba za neophodnim merama intervencije. Sve ovo je sloboda projektovanja koju pruža mehatronika.

2. AKTIVNI SISTEMI U ŽELEZNIČKOJ INDUSTRIJI

Kod razmatranja železničkih vozila se u prvi plan postavlja zahtev za ostvarivanjem bezbednog kretanja prilično masivne strukture velikom brzinom preko šina uz ostvarivanje veoma uske dodirne površine. Zbog toga, tehnike koje se primenjuju moraju da budu vrlo robusne da

¹ mr Miloš Milošević, Mašinski fakultet, Beogradska 14, Niš, Jugoslavija e-mail: mmilos@masfak.ni.ac.yu;

² dr Života Živković, Mašinski fakultet, Beogradska 14, Niš, Jugoslavija e-mail: zzivota@masfak.ni.ac.yu;

bi mogle da podnesu žestoke uticaje okoline na obrtno postolje i njegove komponente u veoma dugom vremenu njegove eksploatacije, a sa druge strane moraju da budu prilično jednostavni za održavanje. Stoga uvođenje nekog aktivnog sistema predstavlja veoma nezgodan proces.

Prvi upravljački sistem koji se odnosio na obrtno postolje železničkih vozila je bio sistem protiv proklizavanja koji je kontrolom adhezivne sile obezbeđivao potpuno iskorišćenje vučne sile pri pokretanju i sile kočenja pri zaustavljanju. Sledeći primer primene aktivnih sistema u železnici je aktivna kontrola naginjanja vozila, prvi put realizovana u italijanskom vozu "Pendolino" 1967. godine, koja je omogućavala povećanje brzine kretanja i u velikim krivinama. Druge napredne funkcije su uvođenje izvršnih uređaja, razvoj amortizera sa promenljivim karakteristikama prigušenja, na primer za grubo prilagođavanje ponašanja kretanja duž pravih ili zakrivljenih šina, koje je vodilo ka pokušaju razvoja aktivnog bočnog ogibljenja, kao i električno upravljane kočnice.

Međutim, nijedan od ovih sistema nije razvijen korišćenjem jedinstenog mehatroničkog pristupa. Svi oni predstavljaju samo naknadne intervencije na prethodno definisanu mehaničku okolinu, koja sa jedne strane predstavlja potpuno razvijeno pasivno rešenje koje pruža neophodnu pouzdanost i bezbednost u radu, ali sa druge strane ograničava prednosti koje mogu da se novim tehnologijama uvedu. Glavne prepreke su na primer težina i cena mehaničkih struktura i aktivnih komponenta uslovljena zahtevima za pouzdanošću i bezbednošću i tradicionalni razvojni procesi nezavisno posmatrani za mehanički, elektronski i upravljački deo. Za nadvladavanje ovih, kao i ostalih prepreka koje se mogu pojaviti u železničkoj industriji neophodno uvođenje novih tehnologija projektovanja, kao što je na primer mehatronički pristup.

3. MEHATRONIČKI SISTEM AKTIVNOG BOČNOG OGIBLJENJA

Pošto zahtevi kupca formiraju multidimenzioni svet, rešenje koje daje najviše prednosti kupcu će se razlikovati u nekoliko aspekata od tradicionalnih proizvoda:

- visoke performanse u odnosu na brzinu i nekompenzirano bočno ubrzanje
- visok komfor putnika
- mala interakcija sa okolinom, naročito dejstvo na šine
- mali investicioni troškovi
- lakoća održavanja
- duži intervali između intervencija održavanja
- inteligentnost u smislu da je moguće nadgledati i dijagnosticirati sopstveno stanje u cilju blagovremenog sprovođenja neophodnih postupaka održavanja.

Ovi neprestano rastući i sve više kontradiktorni zahtevi kupaca mogu biti ispunjeni samo ukoliko se prevaziđu ograničenja tradicionalnih procesa projektovanja. Potreba je da se nadalje proces projektovanja ne bazira na

individualnim, pasivnim elementima pri projektovanju izvršenja neke naročite funkcije, nego da se sistem sagleda kao celina koja će moći da služi i odgovori istovremeno svim željama kupca, pa i specifičnim zahtevima pojedinačno. Ovo uslovljava potrebu za korišćenjem mehatroničkih multifunkcionalnih elemenata, pri čemu oni moraju u mehatroničkom sistemu da zauzmu takvu poziciju gde optimalno utiču na ostvarivanje funkcije, ali i sagledavanje njihove međusobne interakcije. Stvaran mehatronički koncept se na prvom mestu može naći kod ogibljenja sanduka i kod upravljačkog sistema osovina.

3.1. Ogibljenje sanduka

Ogibljenje sanduka mora da sadrži barem dve bočne, dve vertikalne i dve uvojne opruge. U takvoj konfiguraciji bočne opruge utiču na bočno kretanje, naginjanje, ljuljanje i oscilovanje oko vertikalne ose sanduka. Aktivno bočno ogibljenje bi dakle moglo da preuzme ulogu od bočnog ogibljenja i bočnog amortizera, kao i da zameni ogibljenje i amortizere unutar vozila koji su obično neophodni da bi se poboljšalo ponašanje vozila na šinama. Tako be se sveukupni, bolji kvalitet kretanja realizovao uz redukovanje mehaničke kompleksnosti.

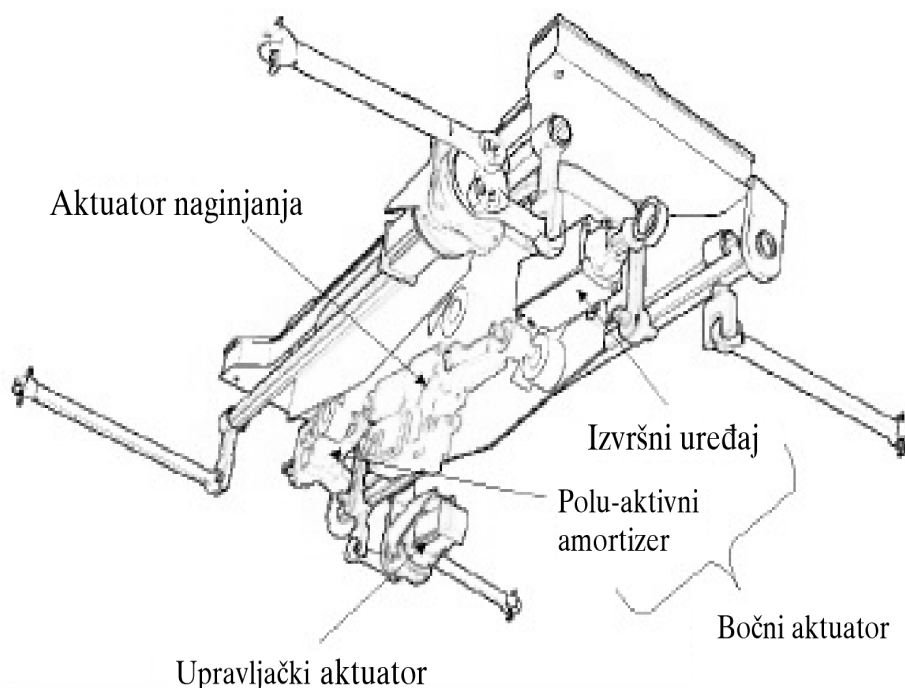
3.2. Vodenje osovina

Usled profila točkova i samih šina osovine obrtnih postolja imaju prirodnu težnju da slede šine i da se postavljaju u radijalan položaj u odnosu na šine u krivinama. Međutim, sa porastom brzina ovo ponašanje vodi ka veoma izraženom dinamičkom ponašanju i nestabilnim kretanjama. U cilju stabilizacije osovina pri velikim brzinama, one moraju da budu kruto vođene i čvrsto spojene sa sandukom vozila, u većini slučajeva pomoću bočnih amortizera. Ovo uslovljava jako mehaničko pobuđivanje sanduka i izaziva pojavu buke.

U suprotnosti sa ovim, aktivno rešenje upravljanja osovina bi moglo da obezbedi sposobnost potpunog upravljanja u krivinama, kao i da istovremeno stabilizuje osovine bez potrebe za bočnim amortizerima. Neposredna prednost uvođenja ovakvog sistema sa smanjenom mehaničkom složenošću se ogleda u redukciji sila u kontaktu točka i šine, što dovodi do smanjenog habanja i buke, što konačno dovodi do poboljšanja komfora vožnje.

3.3. Projektovanje upravljanja

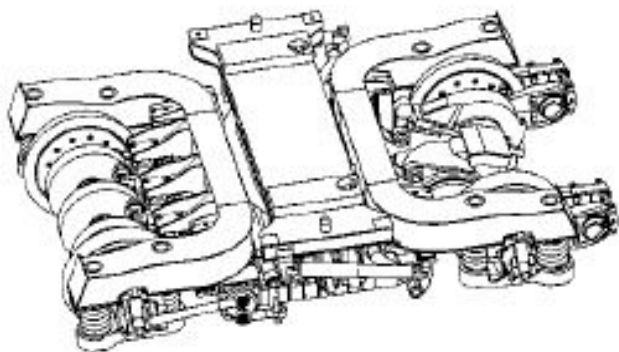
Srce svakog mehatroničkog sistema je upravljački deo. Tradicionalne metode projektovanja upravljanja mogu samo da daju delimično optimalne rezultate u pogledu performansi i ekonomičnosti. Samo inteligentno, na samom modelu zasnovano upravljanje, može da zadovolji postavljene zahteve za multifunkcionalnošću zajedno sa dijagnosticiranjem i praćenjem uslova na pravi način. Primenom različitih strategija optimizacije, dobijeni sistem se može individualno konfigurirati za naročite potrebe različitih kupaca.



Slika 2. Raspored pogona mehatroni-kog obrtnog postolja

3.4. Sinteza

S obzirom na postojeća i raspoloživa tehnološka rešenja aktuatora na tržištu, polu-aktivni amortizeri i elektro-mehanički pokretači su veoma razvijeni i mogu se lako iskoristiti kod bilo kog tipa aktivnog obrtnog postolja.



Slika 1. Konfiguracija jednog mehatroničkog obrtnog postolja

Stoga bi se konfiguracija jednog mehatroničkog obrtnog postolja, kako je to prikazano na slikama 1 i 2, mogla da sastoji od:

- dve osovine sa nezavisnim aktuatorima na svakoj od osovine;
- konvencionalnog primarnog ogibljenja sa vertikalnim amortizerima;
- rama obrtnog postolja;
- dve vazdušne opruge, jednog polu-aktivnog bočnog amortizera, dva vertikalna amortizera;
- opciono mogu da se upotrebe izvršni uređaj i polu-aktivni vertikalni amortizer;
- elektronski upravljanih ventila za nivelisanje

vazdušnih opruga;

- sveukupnog procesa dijagnosticiranja i praćenja.

Sve komponente, elektronske kao i one mehaničke, bi trebalo da budu projektovane na principu potpune izmenjivosti sa svojim sopstvenim i nezavisnim konfiguracijama, kao i sa mogućnošću sopstvenog dijagnosticiranja.

4. ZAKLJUČAK

Postoje sigurno mnogo oblasti na polju projektovanja železničkih vozila gde bi se mehatronički principi mogli uspešno primeniti. U ovom radu je prikazan mehatronički pristup projektovanju železničkih vozila iskorišćen za rešavanje problema njihove stabilnosti uvođenjem sistema aktivnog bočnog ogibljenja kod vozova koji ostvaruju velike brzine kretanja. Projektovanje obrtnih postolja je suočeno sa velikim brojem konfliktnih ograničenja i zahteva. Sa jedne strane, standard komfora se mora održati ili čak i povećati pri zahtevu za velikim brzinama kretanja u okolnostima kada se stanje pruga pogoršava. Sledeći zahtev je da se do najmanje moguće mere smanji bočno pomeranje sanduka koje se uglavnom dešava pri ulasku u krivinu, jer ispunjenje ovog zahteva otvara mogućnost za izgradnju širih konstrukcija sanduka, koje na taj način mogu da pruže putnicima komfor na višem nivou. Pored toga, bočni hod bi trebalo da bude potpuno sposoban da apsorbuje poremećaj u šinama, naročito ukoliko se voz neprestano kreće kroz krivine. Očigledno je da su zahtevi da se redukuje maksimalni bočni hod i poveća komfor kretanja dijametralno suprotni. U tom cilju, da bi se ispunili stalno rastući zahtevi na postizanju viših performansi i nivoa usluga koji se prvenstveno odnose na poboljšanje komfora putnika, povećanje bezbednosti vožnje i porast brzine kretanja, pri istovremenim zahtevima za smanjenjem osnovnih troškova nabavke novih vozila, redukovanjem potreba za naknadnim održavanjem – istovremeno i na vozilima i na infrastrukturi, neophodno je tradicionalni pristupi projektovanju železničkih vozila u potpunosti

zameniti procesom mehatroničkog projektovanja. Pored ovoga, uvođenjem ovih funkcionalnosti instalira se na obrtnom postolju skoro potpuni sistem za praćenje i dijagnosticiranje njegovog stanja i rada, kao i neophodnim merama intervencije. Struktura jednog aktivnog sistema bočnog ogibljenja vozova velikih brzina projektovanog primenom mehatroničkog pristupa je prikazana u ovom radu.

LITERATURA

- [1] Kortüm, W., Goodall, M.R., Hedrick, K.J.: "Mechatronics in ground transportation – current trends and future possibilities", Ann. Rev. in Control 22, (1998).
- [2] Maruyama, Y.T., Matsui, Koizumi, S., Ishihara K.: "Development of an active suspension system for railway vehicles", 4th Intl. Conf. on Railway Bogies and Running Gears, Budapest, (1998).
- [3] Roth, A. P., Lizell M.: "Lateral semi-active damping system for trains", Proc. 14th IAVSD Symposium, Ann Arbor, MI, USA.
- [4] Streiter, R.H.: "Entwicklung und Realisierung eines analytischen Regelkonzeptes für eine aktive Federung", Dissertation, ISS-Fahrzeugtechnik und angewandte Mechanik, Technische Universität Berlin, (1996).
- [5] Streiter, R.H., Boller, M., Riege, B., Schneider, R., Himmelstein, G.: "Active Lateral Suspension for High Speed Trains - A Step towards the Mechatronic Bogie", World Congress on Railway Research, Köln, (2001).

MECHATRONIC APPROACH FOR RAIL VEICLES RUNNING STABILITY PROBLEMS SOLVING

Miloš Milošević, Života Živković

Abstract – In the field of rail business, there are continuously rising requirements concerning higher performance, level of services, how to improve passenger comfort, running safety, and speed. At the same time these requirements are contrary to base cost reducing in new vehicles obtaining, maintenance effort needing- both on the vehicle and the infrastructure side, while the condition of the tracks is getting worse and maintenance is becoming expensive. In view of this conflict, conventional suspension concepts are quickly at their limits of their technical and technological possibilities of adjusting. Like in the automobile industry, active control is therefore becoming more and more interesting in the sphere of rail vehicles. To meet these very conflicting requirements for introducing active components in an economical way, a full mechatronic design cycle process must displace traditional design approach of rail vehicles designing. A configuration of an active lateral suspension for high speed trains designed by mechatronic approach will be shown in this paper.

Key words – rail vehicles, boogies, design, mechatronics

PRINCIPI OBLIKOVANJA KONSTRUKCIJA SA APLIKACIJOM NA ŽELEŽNIČKA VOZILA

V. Miltenović¹, D. Stamenković², D. Milčić³

Rezime: Proces konstruisanja, kao kreativni proces transformacije ideje u proizvod, je najvažnija faza u razvoju novih proizvoda. U procesu konstruisanja dominantna uloga i važnost pripada oblikovanju konstrukcije. U trećoj fazi procesa konstruisanja – faza oblikovanja, definišu se izvršioc i principijskih rešenja, osnovne i parcijalne funkcije mašinskih sistema. Ovaj rad razmatra mesto i ulogu oblikovanja konstrukcije u procesu razvoja proizvoda. Konkretnim primerima tehničkih rešenja u radu su ilustrovani osnovni principi oblikovanja konstrukcija.

Ključne reči: Konstruisanje, oblikovanje proizvoda, železnička vozila.

1. UVOD

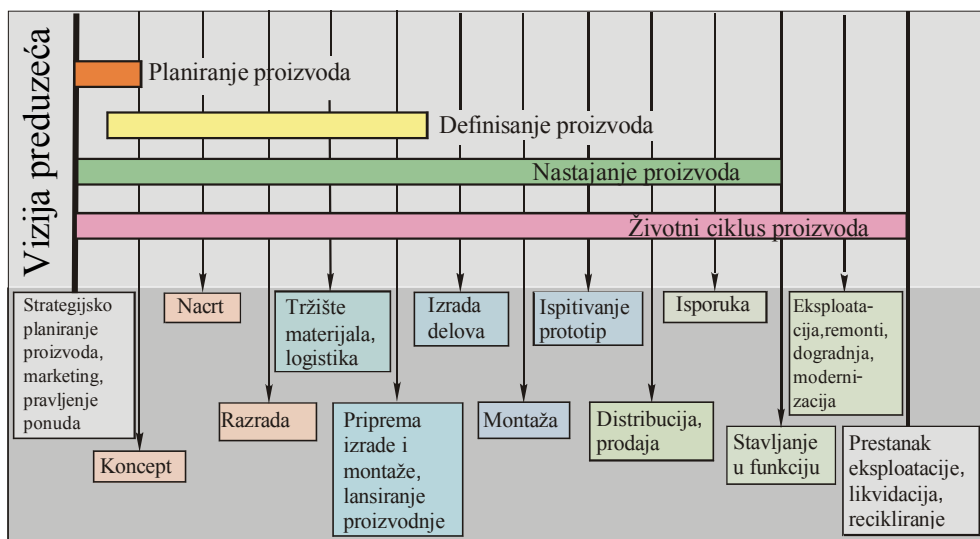
Razvoj proizvoda kao proces obuhvata sve aktivnosti vezane za dobijanje i obradu informacija o izradi, korišćenju i reciklaži jednog proizvoda. Počinje sa nastajanjem ideje, a završava se uvođenjem proizvoda na tržište. Razvoj proizvoda je sa jedne strane deo procesa nastajanja proizvoda odnosno životnog toka proizvoda, a sa druge strane organizaciona jedinica preduzeća.

Svaki proizvod ima svoj životni ciklus koji može da se raščlaniti na sledeće faze (sl.1):

1. (Strategijsko) planiranje proizvoda ili izrada ponuda;
2. Koncept / principijsko rešenje;
3. Nacrt (gradivna struktura, grubo oblikovanje, materijali,...);
4. Razrada (detaljno utvrđivanje oblika i dimenzija,...);
5. Tržište materijala i logistika (kupovina, transport, uskladištenje,...);
6. Razvoj proizvodnje (proizvodni procesi, proizvodna

- sredstva,...);
7. Izrada delova;
8. Montaža;
9. Prototip, ispitivanje;
10. Distribucija, prodaja;
11. Isporuka (pakovanje, demontaža delova, konzerviranje...);
12. Stavljanje u funkciju (probni rad i uhodavanje);
13. Eksploatacija sa održavanjem, remont, dograđivanje, modernizacija, rekonstrukcija;
14. Stavljanje van funkcije, likvidacija, recikliranje.

Prelaz između pojedinih faza je kontinualan. Sve faze od koncepta često se opisuju kao planiranje proizvoda. Faze od koncepta do razvoja proizvodnje predstavljaju definisanje proizvoda. Nastajanje proizvoda obuhvata sve faze do stavljanja proizvoda u funkciju. Jedna od dominantnih aktivnosti u procesu razvoja tehničkih proizvoda vezana je za oblikovanje proizvoda.



Sl.1. Životni ciklus proizvoda

¹ Dr Vojislav Miltenović, redovni profesor, Mašinski fakultet Niš, Beogradska 14, 18000 Niš, e-mail: milten@masfak.ni.ac.yu

² Dr Dušan Stamenković, docent, Mašinski fakultet Niš, Beogradska 14, 18000 Niš, e-mail: dusans@masfak.ni.ac.yu

³ Dr Dragan Milčić, docent, Mašinski fakultet Niš, Beogradska 14, 18000 Niš, e-mail: milcic@masfak.ni.ac.yu

2. METODE ZA OBLIKOVANJE – PRINCIPI OBLIKOVANJA

Principi oblikovanja su osnove koje omogućuju konkretno oblikovanje mašinskih delova i sklopova. Primena pojedinih principa oblikovanja uglavnom zavisi od vrste zadataka i zahteva koji se pri tome postavljaju. Mogu se primeniti i na prethodno i na završno oblikovanje konstrukcija. U okviru projektovanja tehničkih proizvoda razlikuju se sledeći principi oblikovanja:

- princip objedinjavanja i razdvajanja funkcija,
- princip integralnog i diferencijalnog načina gradnje,
- princip tokova sila,
- princip ravnomerne raspodele opterećenja,
- princip samoregulacije.

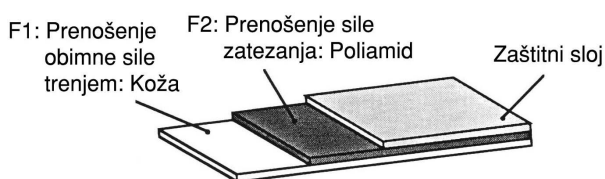
1.1. Princip objedinjavanja i razdvajanja funkcija,

Osnovna pitanja koja treba razmotriti kod ovog principa su:

- Da li deo može da izvršava **veći broj funkcija**? Da li se na taj način mogu smanjiti troškovi? (Objedinjavanje funkcija).
- Mora li deo biti tako izveden da **samo jednu funkciju** ispunjava? Da li se pri tome radna sposobnost i sigurnost uvećava, a proračun pojednostavljuje? (Razdvajanje funkcija).

Postoje delovi odnosno izvršioци funkcija koji izvršavaju samo jednu funkciju, na primer kočnice kod železničkih kola, koje imaju samo funkciju kočenja. Postoje takođe delovi koji izvršavaju više funkcije, na primer gumenometalni elementi ogibljenja, čiji je zadatak prenošenje opterećenja, ali istovremeno ostvaruju funkciju amortizacije i prigušenja vibracija i buke.

Tipičan primer principa **razdvajanja funkcija** je kaišni prenos. Pljosnati kaiš (sl.2) mora da prenese obimnu silu na kaišnik (funkcija-F1), a da takođe prenese i zateznu silu između kaišnika (funkcija-F2). Obe ove funkcije može da ispuni kožni kaiš (objedinjavanje funkcija). Za funkciju prenošenja obimne sile između kaiša i kaišnika koža je izvanredni materijal jer ima koeficijent trenja $\mu = 0,3-0,5$. Međutim za funkciju prenošenja zatezne sile između kaišnika pogodniji materijal je poliamid koji ima dozvoljenu zateznu čvrstoću $\sigma = 20 \text{ N/mm}^2$, dok koža ima $\sigma = 4 \text{ N/mm}^2$. Koeficijent trenja poliamida je $\mu = 0,1$. Prema tome korišćenjem višeslojnog kaiša od kože i poliamida koriste se prednosti oba materijala, s tim što funkciju F1 ispunjava koža a funkciju F2 poliamid (princip razdvajanja funkcija). Prednosti su višestruke: uvećanje nosivosti, veća dozvoljena ušestanost obrtanja, smanjeno održavanje. Isti je slučaj i kod trapeznih i ozubljenih kaiševa.



Sl.2. Razdvajanje funkcija kod pljosnatog kaiša

Primeri objedinjavanja funkcija:

- Edisonov navoj kod sijalice (dovod struje, pričvršćivanje sijalice, zamena sijalice);
- Prsteni kuglični jednoređi ležaj (prenos radijalne i aksijalne sile);
- Kućište mašine (prenos sila, obezbeđenje tačnog položaja vratila, smeštaj maziva, sprečavanje prodora nečistoće, itd.).

Primeri razdvajanja funkcija:

- Čista torziona vratila;
- Čelična užad kod visećih mostova;
- Pogonski motori aviona (kretanje napred), krila aviona (podizanje), itd.

1.2. Princip integralnog i diferencijalnog načina gradnje

Integralni način gradnje podrazumeva objedinjavanje većeg broja različitih delova jednim delom. Diferencijalni način gradnje podrazumeva razdvajanje kompleksnog dela na veći broj delova jednostavnijeg oblika.

Integralni način gradnje po pravilu se primenjuje kod **serijske i veliko-serijske proizvodnje**, kao i kod delova kod kojih treba smanjiti radna naprezanja. Tada se deo izrađuje od homogenog materijala, ali je kompleksnog oblika.

Diferencijalni način gradnje najčešće se primenjuje kod **pojedinačne proizvodnje** ili malih serija. Proizvod se mahom sastoji od standardnih delova i različitog materijala. Pojedini delovi se se izrađuju rezanjem, a preko spojeva vezuju u jednu celinu. Diferencijalni način gradnje primenjuje se kod delova velikih dimenzija, zbog transporta, logistike i velikih troškova izrade.

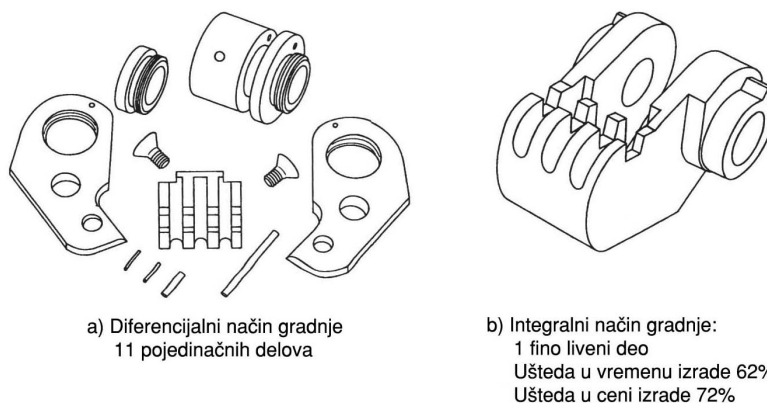
Na sl.3 prikazan je primer diferencijalne i integralne gradnje istog dela. Zamenom diferencijalnog načina gradnje integralnim kod ugaonog nosača smanjen je broj delova sa 11 na 1. Kod serijske proizvodnje na ovaj način smanjeno je vreme izrade za 62%, a cena za 72%.

Prednosti integralnog načina gradnje:

- Smanjenje troškova izrade kod serijske proizvodnje;
- Smanjenje troškova montaže;
- Pojednostavljenje nabavke materijala i logistike;
- Uvećanje nosivosti konstrukcije;
- Uvećane mogućnosti obezbeđenja kvaliteta.

Neostaci integralnog načina gradnje:

- Primena manjeg broja standardnih delova i polufabrikata;
- Duži postupak pripreme proizvodnje i nefleksibilna proizvodnja;
- Zbog kompleksnog oblika uvećana mogućnost pojave škarta u toku proizvodnje.



Sl.3. Diferencijalni i integralni način gradnje dobijen postupkom finog livenja

Prednosti diferencijalnog načina gradnje:

- Smanjeni rizik pojave škarta kod izrade;
- Smanjeni troškovi izrade kod pojedinačne i maloserijske proizvodnje;
- U slučaju otkaza, smanjeni troškovi zamene delova;
- Uvećana fleksibilnost proizvodnje, kao i mogućnost naknadne izmene u konstrukciji.

Nedostaci diferencijalnog načina gradnje:

- Uvećani troškovi montaže i logistike;
 - Nešto manja nosivost konstrukcije
- Princip ravnomerne raspodele opterećenja**

Osnovna pitanja koja treba razmotriti kod ovog principa su:

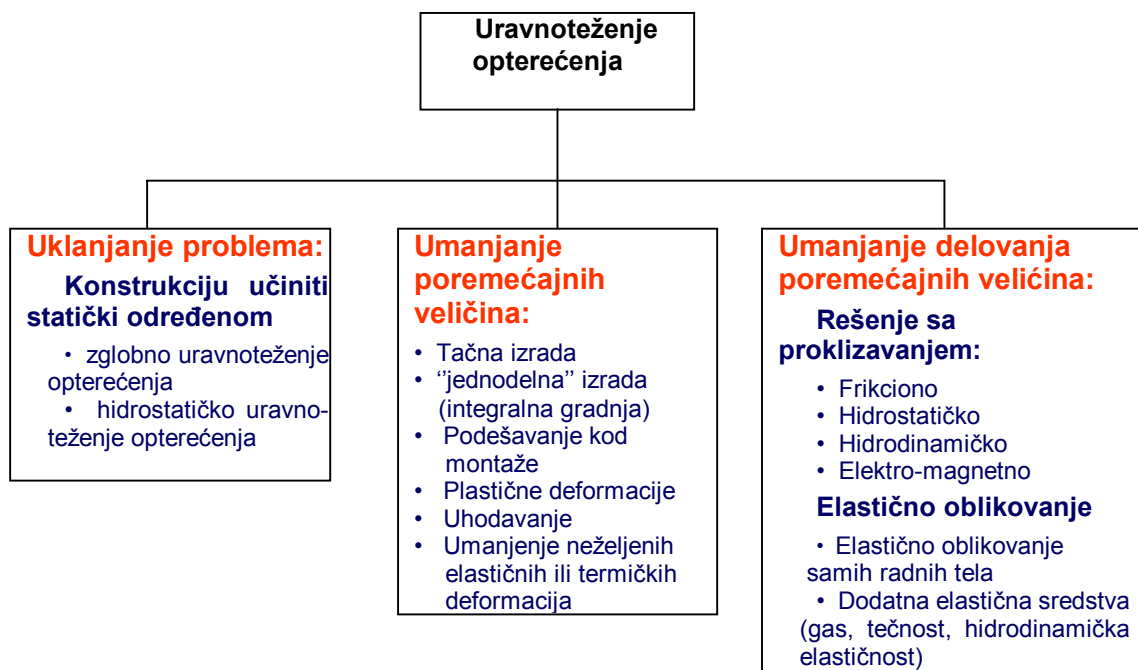
- Kako je moguće kod paralelne veze izvršilaca funkcija postići da oni prenose približno iste sile i momente?
- Kako je moguće umanjiti negativni efekat ometanih deformacija i nejednakih toplotnih dilatacija?

Svako vozilo bi trebalo da ima tri točka, da bi bilo statički određeno. Međutim teretni vagoni i teška teretna vozila imaju šest, osam i više točkova. Ravnomerno opterećenje točkova je moguće izvesti kroz elastično vešanje točkova, odnosno elastičnom deformacijom pojedinih elemenata i pneumatika. Za razliku od principa tokova linija sila, gde dominantnu ulogu imaju tokovi sila i momenata, kod principa ravnomerne raspodele opterećenja rešava se problem ravnomernog prijema sila i momenata kod grananja energije na mehanički paralelno povezane radne površine.

Mogućnosti, koje stoje konstruktoru na raspolaganje za postizanje ravnomernosti opterećenja, mogu se razvrstati u tri kategorije:

- a) Uklanjanje (rešavanje) problema;
- b) Umanjenje poremećajnih veličina;
- c) Umanjenje delovanja poremećajnih veličina

Na sl.4. prikazane su mogućnosti za rešavanje problema ravnomerne raspodele opterećenja.



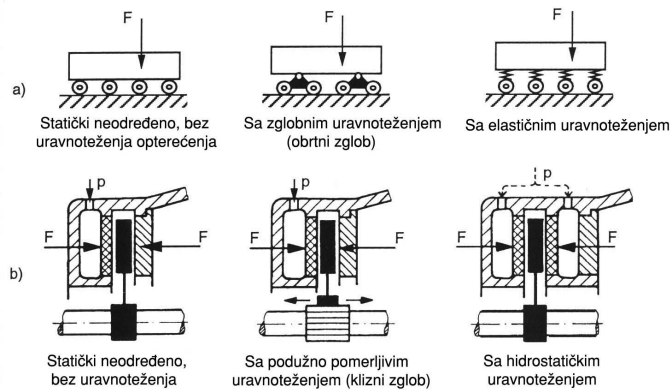
Sl. 4. Mogućnosti za rešavanje problema ravnomerne raspodele opterećenja

a) Uklanjanje (rešavanje) problema

Ako je moguće da se statički neodređena radna površina ili radno telo uvođenjem zglobnih veza učini statički određenim onda je problem rešen (zglobno uravnoteženje). Na sl.5 to je prikazano na primeru vozila (obrtni zglob) i disk kočnice (klizni zglob). Klizni spoj diska i vratila

omogućuje aksijalno pomeranje kočionog diska do izjednačenja hidrostatičke kočione sile F sa obe strane diska.

Hidrostatičko uravnoteženje (sl.5,b) omogućuje ravnomernu raspodelu pritiska sa obe strane kočionog diska.



Sl.5. Primeri uravnoteženja opterećenja: a) kod vozila; b) kod disk kočnice

b) Umanjenje poremećajnih veličina

Ovaj način ravnomerne raspodele opterećenja usmeren je direktno na uzrok neravnomernosti raspodele opterećenja: tačna izrada, "jednodelna" izrada (dakle bez dodatnog dela ili površine za podešavanje), podešavanje kod montaže, plastične deformacije (u toku montaže jednom preopteretiti, a onda nastaviti uhadavanje).

Ovaj način primenjuje se tamo gde nije moguće zglobno uravnoteženje, kao što su zupčanici, ležaji, vođice, itd.).

c) Umanjenje delovanja poremećajnih veličina

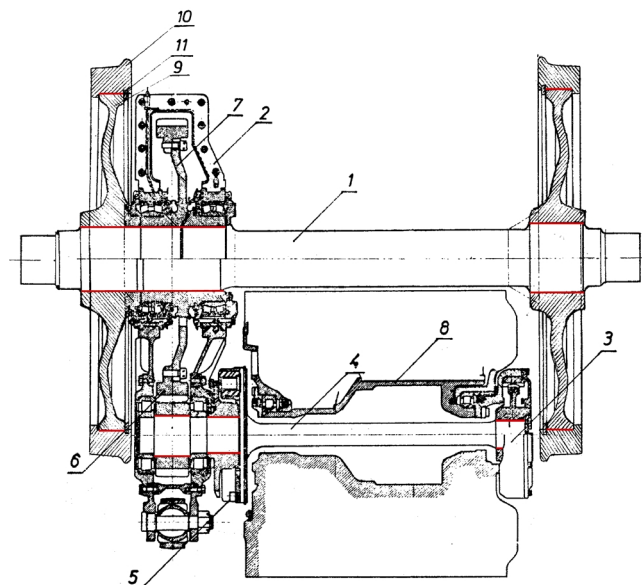
Ovaj način uravnotežavanja usmeren je na "simptome" neravnomernosti raspodele opterećenja.

- Kod uravnoteženja opterećenja proklizavanjem kod paralelnog grananja energije ugrađuje se spojnica sa proklizavanjem ili hidrodinamička spojnica.

- Kod elastičnog uravnoteženja opterećenja kompenzacija netačnosti, kao poremećajnih veličina, izvodi se ugradnjom elastičnog elementa na pravcu delovanja sile. Na sl.5 to je prikazano na primeru vozila. Točkovi vozila imaju elastično vešanje. Elastično uravnoteženje opterećenja može preopterećenje samo da umanj, ali ne i da eliminiše.

3. RAZMATRANJE PRINCIPA OBLIKOVANJA NA PRIMERU POGONSKOG SKLOPA ELEKTRIČNIH LOKOMOTIVA

Na slici 6 je prikazan pogonski sklop vučni motor-osovinski slog kod električnih lokomotiva serije 441 i 461.



Slika 6. Pogonski sklop vučni motor-osovinski slog kod lokomotiva serije 441 i 461
1- Osovina; 2- Kućište reduktora; 3- Zupčasta spojnica; 4- Torziona vratilo; 5- Elastična spojnica;
6- Mali zupčanik reduktora; 7- Veliki zupčanik reduktora; 8- Vratilo rotora; 9- Telo točka;
10- Obruč točka (bandaž); 11- Prsten za pričvršćivanje obruča točka.

Konstrukcija velikog zupčanika (pozicija 7) je primer **diferencijalnog načina gradnje** jer je sastavljen od glavčine koja je napresovana na osovinu i zupčastog venca koji je zavrtnejevima pričvršćen za glavčinu.

Telo točka (pozicija 9), obruč točka (pozicija 10) i prsten za pričvršćivanje obruča točka (pozicija 11) predstavljaju, takođe, primer **diferencijalnog načina gradnje** koji ima osnovnu prednost u tome što se posle istrošenja može zameniti samo obruč točka i time ostvariti značajna ušteda. Nedostatak ovog rešenja je nedovoljna pouzdanost presovanog spoja obruč točka – telo točka ("zaokretanje bandaža") u eksploataciji. Ovaj problem se može eliminisati ugradnjom kompaktnog dela - monoblok točka što je primer **integralnog načina gradnje**.

Elastična spojnica (pozicija 5) ima zadatak da pomoću ugrađenih gumenih elemenata amortizuje udarna opterećenja što predstavlja primer primene **principa ravnomerne raspodele opterećenja** a uzimajući u obzir i osnovnu funkciju prenosa snage predstavlja i primer primene **principa objedinjavanja funkcija**.

4.ZAKLJUČAK

- Jedna od dominantnih aktivnosti u procesu razvoja proizvoda vezana je za oblikovanje izvršilaca elementarnih i parcijalnih funkcija tehničkih proizvoda. Prisutna je u svim fazama procesa konstruisanja: u fazi razjašnjenja zadatka (kroz gabaritne i priključne mere); u ranoj fazi koncipiranja (kroz usvajanje fizičkih efekata); u fazi nacрта; u fazi razrade.
- Principi oblikovanja, izloženi u radu, predstavljaju osnove za konkretno oblikovanje konstrukcija, pri čemu dobijeno rešenje sigurno i pouzdano izvršava zadatu funkciju, optimalno je u pogledu nosivosti, upotrebljenog materijala i kompaktno po svojim gabaritnim merama.
- Na primeru pogonskog sklopa kod električnih lokomotiva serije 441 i 461 prikazana je mogućnost primene principa diferencijalnog i integralnog načina gradnje kod železničkih vozila. Pokazano je da princip integralnog načina gradnje

ovde ima prednost.

LITERATURA

- [1] Miltenović, V., Milčić, D.: **Mesto i uloga oblikovanja u procesu konstruisanja**. "Prvi skup o konstruisanju, oblikovanju i dizajnu". KOD-2000. Zbornik radova. Novi Sad, maj 2000. god. s.17-22.
- [2] Miltenović, V., Milčić, D.: **Savremene metode razvoja izvršilaca elementarnih funkcija**. Časopis - KONSTRUISANJE MAŠINA - No 1, 1998. s.13-22.
- [3] Ehrlenspiel, K.: **Integrierte Produktentwicklung**. C.Hanser Verlag. Munchen, 1995.
- [4] Kuzmanović S.: **Osnove konstruisanja-konstruisanje, oblikovanje, dizajn (I-deo)**. Univerzitet u Novom Sadu - Fakultet tehničkih .. Novi Sad 2001. str.194.
- [5] Pahl, G., Beitz, W.: **Konstruktionslehre**, 2 Aufgabe, Berlin, Springer, 1992

PRINCIPLE OF EMBODIMENT DESIGN OF CONSTRUCTIONS WITH RAILWAY VEHICLE APPLICATION

V. Miltenović¹, D. Stamenković², D. Milčić³

Summary: *Design process, as creative process of transformation idea for realisation of product in project, is the most important phasa in product development of new products. Dominant role and importance in design process has a part of design that reeferes to embodiment design. Reefers to third phase in design process, here we define performers of principal solutions, basic and particle function of mechanical systems. This paper consider place and role of embodiment design in proses of product development. Here we ilustrated a basic princips by concrete examples of embodiment design of tehncial solutions.*

Keywords: *design, embodiment design, railway vehicles.*

MEHATRONIČKI SISTEMI KOD KOČNICA ŠINSKIH VUČNIH VOZILA

Aco Popov¹, Vladimir Jovanović²

Rezime - Granična vrednost u procesu kočenja šinskih vozila je kontakt između točka i šine. Da bi se efikasno ostvarilo najkraći zaustavni put, poštujući važeće propise o dužini zaustavnog puta i veličini usporenja, a u cilju dobijanja maksimalne sigurnosti i konformnosti u procesu kočenja (kočenje bez trzaja), neophodna je primena kontrolisane kočne sile u svakoj fazi procesa kočenja. To se ostvaruje spregom klasičnih kočnih sistema sa mikroprocesorskom kontrolom i upravljanjem. Pomoću ovog sistema ispunjeni su svi optimalni uslovi usporenja od njegove maksimalne brzine do bezbednog zaustavljanja. U prilogu ovog rada prikazana su pojedina tenička rešenja savremenih elektropneumatskih i mikroprocesorski kontrolisanih kočnica.

Ključne reči - Mehatronika, savremena železnica, kočni sistem, elektrodinamička kočnica

1. PREDNOSTI PRIMENE MEHATRONIKE

Primena mehatronike kod savremenih kočnih sistema ima za cilj da kod savremenih prevoznih sredstava obezbedi:

- jednostavno upravljanje i komandovanje vozilom;
- dobijanje novih mogućnosti upravljanja;
- bezbedna kočnica;
- povećanje broja funkcija;
- maksimalna konformnost putnika u procesu kočenja;
- povećanje pouzdanosti kočnih uređaja;
- smanjenje troškova održavanja;
- elektronika se sastoji od modularnih jedinica što olakšava njenju nadgradnju i servisiranje.

2. PRIMENA

Implementacija mikroprocesorske kočne tehnike nalazi veliku primenu kod šinskih vučnih vozila i to:

- automatsko komandovanje i upravljanje kompletnim kočnim sistemom;
- koordinacija između različitih tipova kočnih sistema:
 - pneumatska i elektrodinamička;
 - elektropneumatska i elektrodinamička;
 - hidraulična i elektrodinamička;
- mikroprocesorska protivklizna zaštita u procesu kočenja - antislid;
- protivklizna zaštita pri polasku lokomotive - antiskid;
- podmazivanje venaca točkova;

- dujagnosticiranje mogućih otkaza i kvarova;
- monitoring funkcionisanja sistema;
- alarm.

Uvođenje elektronike se vrši i na starim, već postojećim, kočnim sistemima i to na:

- mehaničkom delu;
- pneumatskom delu;
- elektropneumatskom delu;
- kao i na električnom delu.

3. PRIMENA MEHATRONIKE KOD SAVREMENIH ELEKTROPNEUMATSKIH KOČNIH SISTEMA

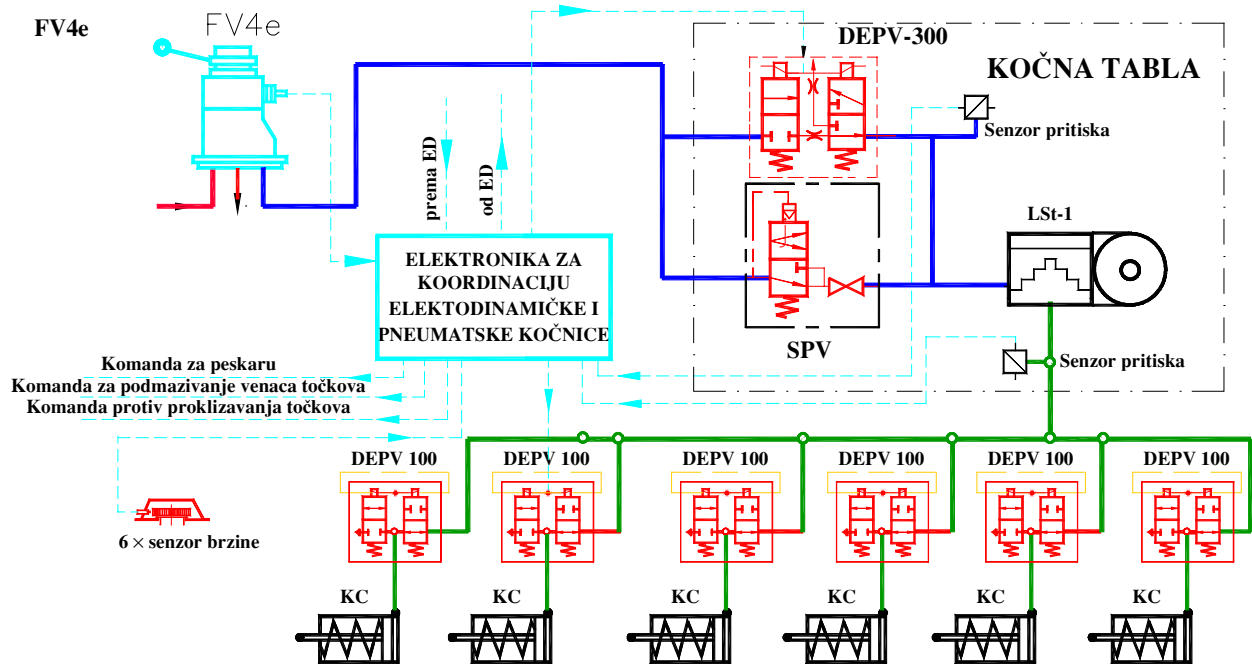
3.1 Koordinirani rad elektrodinamičke i pneumatske kočnice kod električne lokomotive

Osnovni cilj koordinacije između elektrodinamičke (ED) i pneumatske kočnice je maksimalno iskorišćenje postojeće elektrodinamičke kočnice kod lokomotive. U području stepenastog kočenja, ED kočnica na lokomotivi uvek ima prioritet u odnosu na pneumatsku.

Uzajmno dopunjavanje elektrodinamičke i pneumatske kočnice koncipirano je tako da se dobija efikasno kočenje bez trzaja u celom zadatom intervalu kočenja. U slučaju otkaza u električnom delu sistema za koordinaciju, ili prekida napajanja iz kontaktne mreže, obezbeđuje se automatski prelaz na adekvatno pneumatsko kočenje. Kod zavođenja brzog kočenja deluje samo pneumatska kočnica, pri čemu se automatski isključuje vuča.

¹ Aco Popov, dipl. maš. ing., rukovodilac projektnog odeljenja MZT HEPOS AD, Pero Nakov bb, Skoplje, Republika Makedonija, e-mail: mzthepos@on.net.mk

² Vladimir Jovanović, dipl. maš. ing., glavni projektant, MIN Holding Co. AD "Lokomotiva", Sektor za razvoj i projektovanje, Šumadijska 1, 18000 Niš, e-mail: lokomotiva@bankerinter.net



Sl. 1 Shema koordiniranog rada ED i pneumatske konice kod lokomotive 461

Upravljanje kočnicom vrši se pomoću ručice elektrokočnika FV4e. Ovaj kočnik osim postojećih pneumatskih položaja, ima ugrađene i dopunske elektropneumatske položaje za koordinirani rad između elektrodinamičke i pneumatske kočnice. Uključivanjem kočnika uključuju se određeni mikroprekidači, pri čemu se zadaju određeni nivoi napona (ili struje). Ove vrednosti se pretvaraju u digitalne signale koji za mikroprocesor predstavljaju određeni stepen zadatog kočenja.

Sa druge strane, od brzinskih senzora elektronika dobija informacije o trenutnoj brzini vozila. Ovi senzori brzine su induktivnog tipa i montiraju se na svaku osovinu vozila, jer su nam neophodne informacije brzine rotacije svake osovine. Dalje se ove informacije pretvaraju u digitalne signale, koji daju informaciju o linijskoj brzini. Srednja brzina koja se računa iz linijskih brzina svake osovine, je dobra aproksimacija za brzinu vozila u realnom vremenu. U daljem postupku, ovaj modl može da preračunava deceleraciju kao $a = \Delta v / \Delta t$, tj. kao promenu brzine u nekom unapred određenom vremenskom intervalu. Ovako imamo mogućnost praćenja vrednosti ostvarene deceleracije u procesu kočenja, a dalje elektronika preko adekvatnih izvršnih organa, vrši korekciju vrednosti deceleracije, svodeći je uvek na zadatak. Ukoliko dođe do otkaza nekog od senzora, mikroprocesor mora to da registruje i pomeni zakon za preračunavanje srednje brzine vozila. I ti senzori koriste se i za protivkliznu zaštitu, poštujući kriterijum razlike brzina.

Svakim položajem automatskog kočnika zadaje se određeni stepen pneumatskog kočenja kao i određeni nivo ED kočenja lokomotive. U suštini za svaki položaj automatskog kočnika zadaje se određeni stepen deceleracije, kome odgovara određena vrednost pada pritiska u glavnom vodu.

Zavođenjem stepenastog kočenja kompozicije pomoću elektrokočnika FV4e, vagoni i lokomotiva koče se pneumatski, sve dok se ne uključi ED kočnica na

lokomotivi. U tom trenutku dolazi do isključenja pneumatske kočnice na lokomotivi. Ukoliko ED kočna sila nije dovoljna, dopunjava se u određenom iznosu pneumatskom silom, aktiviranjem duplog elektroventila DEP300, koji upušta vazduh pod određenim pritiskom u kočne cilindre.

Sa većim stepenom zadatog kočenja preko kočnika (u području stepenastog kočenja), zadaje se kvan tum ED kočenja lokomotive i određeni stepen pneumatskog kočenja kompozicije. Poznato je da elektrodinamička sila ispod neke brzine počinje drastično da opada, da bi u datoj tački "Fade Point", ili tačka nestanka, ona padne na nulu. Tada elektronika isključuje ED kočnicu za brzine manje od neke granične vrednosti v_1 ($v_1 = 30$ km/h). Za brzine veće od neke gornje granične vrednosti $v > v_2$ ($v_2 = 120$ km/h) ne treba primenjivati elektrodinamičku kočnicu zbog prevelikog varničenja. Prema tome stalno se vrši promena da li se trenutna brzina voza nalazi u intervalu $v_1 < v < v_2$, kako bi se koristila elektrodinamička kočnica.

Jedna od osnovnih funkcija koordiniranog rada između ED i pneumatske kočnice je održavanje konstantne brzine na padovima. Komanda se zadaje preko posebne komande koju uključuje mašinovođa. Mašinovođa ovu komandu zadaje u određenom trenutku pre nego što nastupi pad.

Komanda za održavanje konstantne brzine na dužim padovima dovodi se na poseban ulaz mikroprocesora. Mikroprocesor dobijanjem ove komande, memoriše trenutnu brzinu vozila i zadaje set komandi za održavanje memorisane brzine. Elektronika zadaje komandu elektropneumatskog kočenja lokomotive i vagona prvog stepena. Nakon vremenskog intervala od 0,75 do 15 sekundi, na raspolaganju imamo i elektrodinamičku kočnu silu lokomotive. Za to vreme uspeli smo da usporimo voz do neke brzine manje od zadate. Posle prihvatanja ED kočnice dolazi do isključenja pneumatske kočnice na lokomotivi. Lokomotiva na dalje koči

isključivo ED kočnicom. Cilj je da se ostvari maksimalna elektrodinamička sila, sa kojom raspolaže lokomotiva za tu zadatu održavanu brzinu.

Ako je ostvarena maksimalna predviđena elektrodinamička kočna sila za zadatu brzinu, a traženi rezultat ipak izostaje, povećava se intenzitet kočenja pneumatske kočnice kod vagona. da bi se ovo realizovalo mašinovođa pomera ručicu automatskog kočnika u sledeći stepen. U ovom režimu rada, lokomotiva se koči samo jednom optimalnom vrednošću elektrodinamičke kočne sile (za zadatu brzinu), dok se vagoni koče po potrebi različitim intenzitetima pneumatske kočnice.

Vremenski period zajedničkog rada ED i pneumatske kočnice traje nešto duže od 15 sekundi, jer to vreme diktira inertnost elektrodinamičke kočnice i fini prelaz sa od pneumatskog na elektrodinamičko kočenje lokomotive.

Komandu za prestanak ovog režima kočenja zadaje mašinovođa nakon prolaska ovakvog dela trase.

Davači brzine daju mikroprocesoru podatke o brzini svake osovine. Na osnovu ovih podataka mikroprocesor softverski preračunava srednju brzinu, koja se uzima kao realna brzina lokomotive. Kada neka od osovine "prokliza" dolazi do promene (smanjenja) njene brzine. U tom trenutku, kada odstupanje brzine neke od osovine od srednje brzine, pređe neku unapred zadatu vrednost Δv , mikroprocesor detektuje da je ta osovina "prokliza" i sprovede niz instrukcija kako bi se ta osovina

elektrodinamički kočila manjim intenzitetom.

Trenutnu brzinu vozila, ostvarenu deceleraciju pri kočenju i dijagnosticiranje, mašinovođa može stalno da prati na displeju. Dijagnosticiranjem se prati i beleži rad i funkcionisanje svih uređaja, a u slučaju otkaza ili kvara to se odmah signalizira. Dijagnosticiranje mikroprocesor obavlja na osnovu čitanja adekvatnih ulaznih signala. Testovi za funkcionisanje ulaza i izlaza, kao i rad svih senzora obavlja se prilikom zaposjedanja lokomotive.

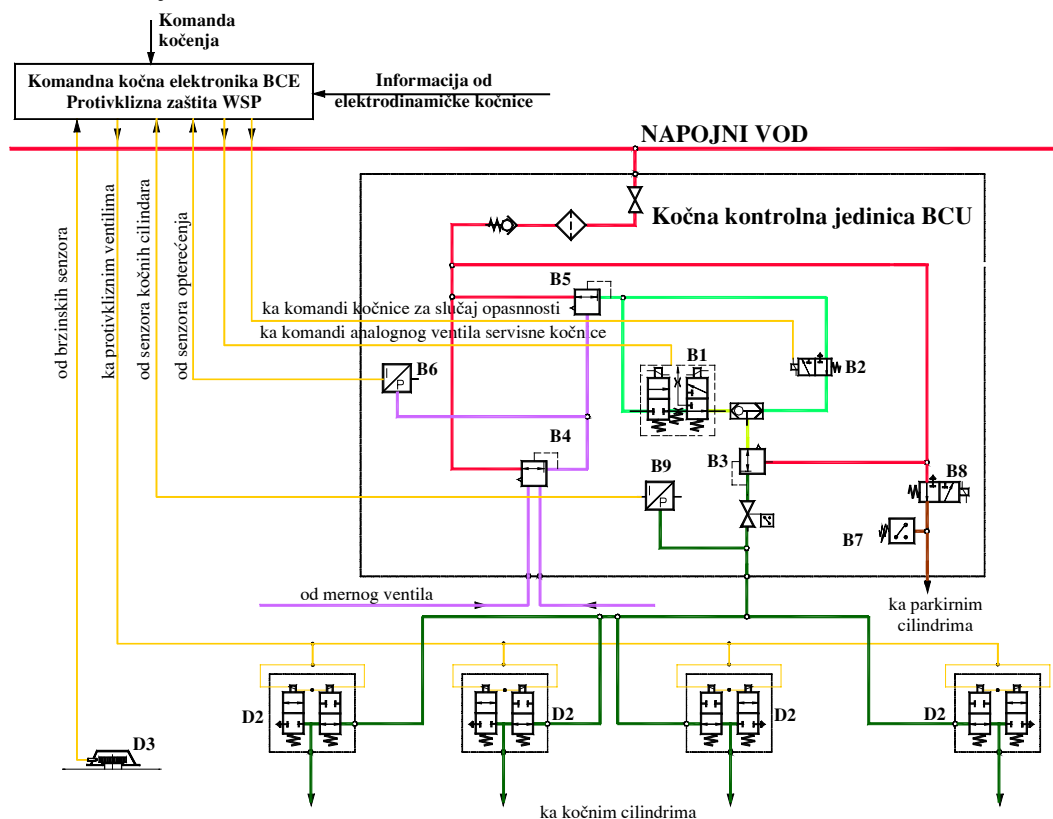
Dijagnosticiranjem su pokrivene sledeće funkcije:

- smanjenje elektrodinamičke kočne sile
- izostanak elektrodinamičke kočne sile
- vozni kontroler nije isključio vuču
- nema električne struje
- otkaz nekih od senzora brzine
- nemogućnost čitanja smera vožnje
- izostanak informacije o pritisku u glavnom vodu
- izostanak informacije o pritisku u kočnom vodu

3.2 Upravljanje kočnicom kod metroa u Šangaju

Iz priložene šeme može se videti da je kočni sistem sastavljen od:

- komandne kočnice elektronike (BCE) uključujući i protivkliznu zaštitu (WSP);
- kočnice kontrolne jedinice BCU;
- izvršnih ventila protivklizne zaštite DPV-100.



Sl. 2 Shema kočnog sistema metroa u Šangaju

| | | | |
|----|--|----|---|
| B1 | analogni ventil servisne kočnice - DEP-300 | B2 | elektroventil kočnice u slučaju opasnosti |
| B3 | rele ventil | B4 | ventil srednjeg pritiska VSP |
| B5 | prenosač pritiska | B6 | senzor pritiska opterećenja |
| B7 | EP sklopka parkirne kočnice | B8 | elektroventil parkirne kočnice |
| B9 | senzor pritiska u kočnim cilindrima | D2 | ventil protivklizne zaštite |
| D3 | senzor brzine | | |

Kontrola potrebne kočne snage vrši se mikroprocesorskim uređajem (BCE), koji na zadatu komandu kočenja daje signal upravljačkom bloku (BCU) za sprovođenje određenog stepena kočenja.

BCE kočna kontrolna jedinica sastoji se od:

- elektronike sa softverom za automatsko kočenje kočnicom vozila;
- elektronike za protivkliznu zaštitu.

Elektronikom se mogu ostvariti sledeće komande za:

- održavanje konstantne brzine;
- zavođenje potpunog kočenja vozila sa konstantnom deceleracijom od 1 m/s^2 ;
- zavođenje stepenastog kočenja;
- zavođenje kočnice za slučaj opasnosti sa konstantnom deceleracijom od $1,2 \text{ m/s}^2$;
- zavođenje parkirne kočnice.

Ulazni podaci za elektroniku su:

- signal o oprećenju vozila;
- brzina kretanja vozila;
- povratna informacija o zadatom kočenju;
- informacija o proklizavanju neke od osovina.

Izlazni podaci su:

- komandni signal ka ventilima za rasterećenje od proklizavanja;
- komanda prema analognom ventilu (B1) iz BCU za sprovođenje servisne kočnice;
- komanda elektroventila (B2) iz BCU o zavođenju kočnice za slučaj opasnosti;
- komanda elektroventila (B6) za aktiviranje parkirne kočnice.

Softver BCE je takav da nivo zadatog kočenja pretvara u određenju vrednost deceleracije, pri čemu se uvek najpre iskorišćava raspoloživa elektrodinamička kočna snaga u tom momentu. Ukoliko ED sila nije dovoljna za ostvarenje potrebne retardacije ista se ostvaruje dopunom elektropneumatske kočnice. Elektronika obezbeđuje koordinaciju između elektrodinamičke i elektropneumatske kočnice kod motornih kola vozila.

Kočna kontrolna jedinica (BCU) predstavlja pneumatski kočni blok na kojem su smešteni svi elektropneumatski uređaji i senzori, neophodni za ostvarenje upravljanja svih kočnih sistema voza.

Osnova za ostvarenje zadatog tipa kočenja (stepenasto ili potpuno) je zadata maksimalna deceleracija voza za taj stepen kočenja. Zadavanje komande za određeni stepen kočenja, elektronika na osnovu ulaznih podataka o brzini i

opterećenju vozila, proračunava i određuje potrebnu izvršnu komandu za kočenje koju daje analognom ventilu (B1). Ta komanda je ustvari električno aktiviranje elektroventila za upuštanje potrebnog pritiska u kočne cilindre, uzimajući u obzir i raspoloživu snagu elektrodinamičke kočnice kod motornih kola. Pomoću senzora (B9) elektronika dobija povratnu informaciju o vrednosti izlaznog pritiska. Ukoliko pritisak odstupa od zadate vrednosti elektronika vrši korekciju pomoću analognog ventila.

Zadavanje komande za potpuno kočenje, elektronika prepoznaje koji je stepen kočenja zadat i shodno tome proračunava i daje potrebni izlazni signal analognom ventilu.

Kod slučaja zavođenja kočnice za slučaj opasnosti elektronika ima drugu baznu vrednost retardacije vozila ($1,2 \text{ m/s}^2$). Komanda o zavođenju kočnice za slučaj opasnosti sprovodi se preko elektroventila (B2). Ova vrsta kočenja ostvaruje se isključivo elektropneumatski.

Treba napomenuti da se pomoću elektronike (BCE) i kočne kontrolne jedinice (BCU) vrši kompletno automatsko upravljanje i ostalim sistemima kočnice kao što su:

- parkirna kočnica;
- održavanje konstantne brzine na dužim padovima;
- protivklizna zaštita;
- dijagnostika.

Literatura

- [1] Alstom Transport SA, "General conditions for Electric trains Shanghai", maj 2000. god.
- [2] Alstom Transport SA, "Technical specification Braking and air suspension control for Electric trains-Bangkok", juni 2001. god.
- [3] SAB WABCO SPA, "General description for brake control unit for loco-Torino", maj 2002. god.
- [4] KNORR Bremse, "Beschreibung des mikroprozessorgesteuerten Elektropneumatischen Bremssystems für die Griechische Eisenbahn.
- [5] Opis za kočenje KBGM-P dizel-motornog voza TALENT-VT644
- [6] S. Tonev, "Ispitivanje kretanja vozova sa dejstvom elektrodinamičke kočnice", oktobar 1989. god.

MECHATRONIC – NOVI PRILAZ PROJEKTOVANJU ŽELEZNIČKIH VOZILA U BUDUĆNOSTI

Srdjan Škaro, Nenad Mirčevski¹

Rezime – Projektovanje železničkih vozila u budućnosti, primenom “Mechatronic” tehnologije, omogućiće značajno smanjenje mase, poboljšanje iskorišćenja energije i povećanje prevoza, pri čemu bezbednost i pouzdanost u radu zadržavaju postojeće visoke vrednosti. U radu je akcenat stavljen na nove načine aktivnog vođenja osovinjskih sklopova, uz poseban osvrt na očekivane rezultate po pitanju smanjenja troškova i mase i garantovanja visoke pouzdanosti i bezbednosti u radu.

Ključne reči – železnica budućnosti, aktivno vođenje

1. UVOD

Upotrebom napredne upravljačke tehnologije i približavanjem svega onoga što znači “Mechatronic”, nude nam se velike mogućnosti u konstrukciji vozila budućnosti. “Mechatronic” predstavlja kombinaciju mašinstva, elektronskog upravljanja i kompjuterskih sistema i primena na železničkim vozilima nas vodi ka smanjenoj masi, poboljšanju iskorišćenja energije i povećanju prevoza, a samim tim i profita, pri čemu performanse, komfor i sigurnost zadržavaju postojeće visoke standarde.

Projekat “Mechatronic” je rezultat rada sledećih partnera: CAF S.A., CEIT, DB A.G., DLR, INTEC GmbH, ERRI, koordinator projekta je Univerzitet Loughborough (LU), projekat je finansiran od strane Evropske Unije, a radjen je u periodu od 01.12.1997. do 28.02.2001. godine.

Danas su projektanti železničkih vozila izloženi svojevrsnom pritisku da nova vozila budu jeftinija i da ih karakteriše što manja potrošnja energije, a naročito mala masa i ovi zahtevi mogu da se ispune približavanjem “Mechatronic” metodama.

Glavni zadatak istraživanja je bio da se utvrde principi potrebni za upravljanje točkovima i osovinjskim sklopovima i razvijene su mnogobrojne metode za rešavanje problema stabilnosti i vođenja konvencionalnih osovinjskih sklopova.

Pored ispunjenja zahteva da se stvori jednostavna i laka konstrukcija kao i da se obezbedi zadovoljavajući kvalitet trčanja, kod novoizgrađenih vozila je takodje bilo jako važno postići visok nivo bezbednosti i pouzdanosti.

Projekat “Mechatronic” je usmeren na vozove velikih brzina zato što njihovu eksploataciju prate ekstremni radni uslovi, mada je primena moguća na svim tipovima vozila.

Celokupan projekat je u stvari studija šta se i kako može primeniti u budućnosti železničkih vozila po pitanju novih tehnologija.

Sledeći podaci daju odgovor zašto industrija želi da potpomogne ovaj projekat:

- masa voza po jedinici korisnog tereta manja za 40 %;
- osigurana visoka bezbednost i pouzdanost u radu;
- potrošnja energije i troškovi smanjeni za 30 %;
- buka voza smanjena;

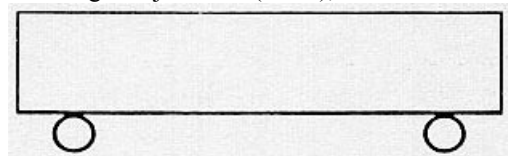
- cena projektovanja, proizvodnje i izrade smanjena za 30%;
- mnogo jednostavniji sistemi;
- smanjenje zahteva za održavanja pruge.

Pored težnji da se poboljša konstrukcija novih vozila, istraživanje je usmereno i na razvoj infrastrukture (smanjeni: habanje šina, oštećenja pruge i zahtevi za održavanjem). Neki od postignutih rezultata se mogu odmah primeniti na ispitno vozilo iako je potrebno još istraživanja za široku primenu “Mechatronic” tehnologije kod budućih novogradjenih vozila.

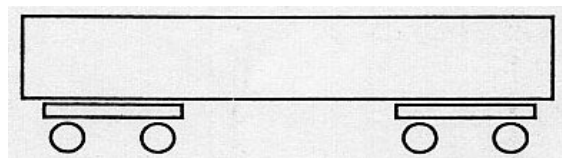
2. IZBOR KONFIGURACIJE VOZILA

Za primenu i analizu projekta, bilo je potrebno izvršiti izbor “Mechatronic” konfiguracija vozila, imajući na umu ciljeve ovog projekta: masa voza smanjena za 40%, potrošnja energije smanjena za 30% itd. Takodje je uzeta u obzir činjenica da će razvoj ovakvih vozila omogućiti da ona u budućnosti budu dostupna na tržištu.

Analizirana su različita vozila, sa i bez obrtnih postolja, kao i varijante zglobnih vozila, a konačno su izabrane dve osnovne konfiguracije vozila (A i B), slike 1 i 2:



Slika 1: A – Konvencionalno vozilo sa dva obrtna postolja



Slika 2: B – Dvoosovinsko vozilo

Iako je težnja “Mechatronic” tehnologije da se proizvede nova, modernizovana vozila bez obrtnih postolja, prilikom izbora konfiguracije se donela odluka da se zbog lakšeg poredjenja usvoji i klasično vozilo sa obrtnim posteljima, sa ciljem da se pokaže da je “Mechatronic”

¹ Srdjan Škaro, dipl.maš.inž., Zajednica JŽ, Nemanjina 6, Beograd; Nenad Mirčevski, dipl.maš.inž., ŽTP “Beograd”, Nemanjina 6, Beograd, nenmir@eunet.yu

primenljiv na konvencionalna vozila, ali da će rezultati biti mnogo bolji ako se ova tehnologija primeni na vozila nove koncepcije.

Ispitivanja se vrše za obe konfiguracije vozila i to za brzine do 300 km/h, a u razmatranje se uzimaju samo vozila kod kojih su sve osovine pogonske, što je i trend u budućnosti.

Kod vozova velikih brzina, jako bitan faktor jesu aerodinamički otpori koji rastu sa kvadratom brzine. Zbog toga je najbolja varijanta prevoz što većeg broja putnika u što je moguće kraćem vozu, pošto aerodinamički otpori zavise od dužine samog voza i poprečnog preseka vozila.

Još jedan jako bitan faktor kod vozova velikih brzina je maksimalno vertikalno opterećenje po osovinskom sklopu. Zbog ograničenja ovog parametra, dvoosovinska vozila moraju biti kraća od vozila sa obrtnim postoljima, a ovo utiče na smanjenje njihovog kapaciteta ali sa druge strane kraća vozila mogu imati veću širinu, u okviru kinematskog profila pruge.

Što se tiče konfiguracije B, jedan od najčešćih problema jeste problem vođenja osovine, koji se rešava upotrebom pasivnih i aktivnih sistema vođenja. Ovaj problem je naročito izražen kod vozila velikih brzina, zato je neophodno u potpunosti preći na primenu aktivnih sistema vođenja osovinskih sklopova.

3. AKTIVNO VODJENJE TOČKOVA I OSOVINSKIH SKLOPOVA

Sušтина “Mechatronic” projekta jeste razvoj tehničkih rešenja za aktivno vođenje točkova i osovinskih sklopova i ciljevi projekta su:

1. Definisane upravljačke tehnike za sisteme aktivnog vođenja koje treba da obezbede značajan napredak po pitanju stabilnosti vozila i boljeg upisivanja u krivine, kao i mogućnost primene inovativnih koncepcija vozila.
2. Ocena performansi na pravoj pruzi i u krivinama.
3. Procena praktične primene senzora, aktuatora, itd.

Sam proces istraživanja aktivnog vođenja uključuje veliki broj mogućih alternativa koje bi se primenjivale, što uključuje i različite konfiguracije vozila. Zbog toga je izvršena sledeća podela tih alternativa:

- a) Konvencionalno obrtno postolje
 - upravljanje pomoću aktuatora, drugačiji pristupi
- b) Vođenje osovinskih sklopova pomoću aktuatora
 - kompaktne osovine i točkovi koji se nezavisno obrću na istoj osovini
- c) Osovinski sklopovi sa kontrolisanim obrtnim momentom
 - konvencionalna obrtna postolja i dvoosovinska vozila
- d) Direktno vođenje točkova na osovini
 - dvoosovinska i zglobna vozila.

U nastavku će biti dat pregled ovih varijanti za aktivno vođenje točkova i osovinskih sklopova.

3.1. Konvencionalno obrtno postolje

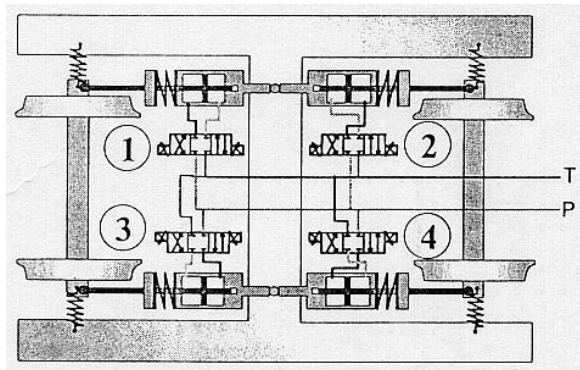
Performanse železničkih vozila u krivinama ograničene su visokom krutošću horizontalnog primarnog ogibljenja koje je neophodno kod konvencionalnih vozila da bi se održala njihova stabilnost. Zbog toga raste habanje točkova,

bočne sile u dodiru točak/šina su veoma visoke i sve to ograničava maksimalnu brzinu vozila u krivinama. U ovom projektu se koriste nove tehnike, bazirane na aktivnom vođenju, koje poboljšavaju vođenje vozila sa konvencionalnim obrtnim postoljima, čime se obezbeđuje bolje savladavanje krivina pri većim brzinama i otvaraju se mogućnosti za razvoj novih vozila prema “Mechatronic” konceptu.

U okviru aktivnosti vezanih za ovaj projekat, pojavljuju se dva pravca delovanja. Sa jedne strane, razmatra se sistem aktivnog vođenja koji se bazira na postojećim tehnologijama, a poredjenja se vrše između konvencionalnih vozila, vozila sa upravljanjem silama i vozila sa aktivnim vođenjem. Sa druge strane, izvršeno je ispitivanje aktivnog vođenja koje se bazira na mogućim tehnološkim rešenjima koja će se razviti u bliskoj budućnosti (primena senzora).

U oba slučaja, cilj je proceniti poboljšanja u ponašanju vozila prilikom upisivanja u krivinu, uz primenu sistema aktivnog vođenja, kao i utvrditi zahteve da bi ovi sistemi mogli da budu u realnoj upotrebi.

Na slici 3 je dat prikaz konvencionalnog obrtnog postolja sa aktivnim vođenjem, 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 3: Primena aktivnog vođenja na konvencionalno obrtno postolje

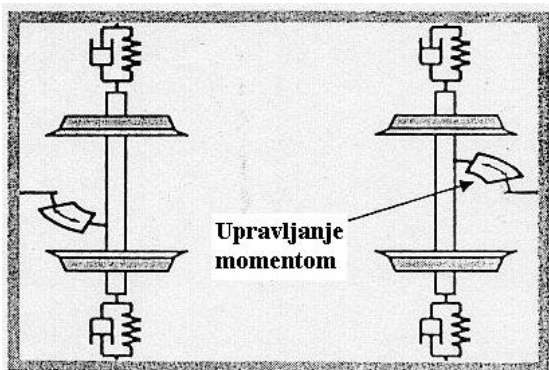
Zaključci za aktivno upravljanje konvencionalnim obrtnim postoljima su:

- Smanjeno habanje točkova je rezultat podjednake primene sistema sa upravljanjem silama i sistema aktivnog vođenja;
- Pokazatelj habanja koji je dobijen upotrebom obrtnog postolja koje ima sistem upravljanja silama blizak je onom kod sistema sa aktivnim vođenjem;
- Iako sistem aktivnog vođenja i sistem sa upravljanjem silama daju manje vrednosti bočnih sila u krivinama sa konstantnim radiusom, maksimalne vrednosti dobijene za vreme kretanja kroz krivinu su u većini slučajeva jednake bočnim silama kod konvencionalnih postolja.

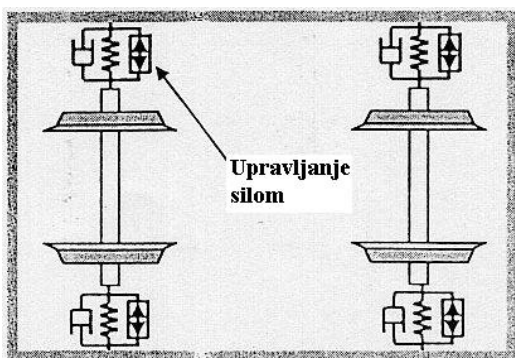
3.2. Vođenje osovinskih sklopova pomoću aktuatora

Ovaj projekat je koncentrisan na primenu koncepata aktivnog upravljanja dvoosovinskih vozila, sa ciljem da se postigne kombinacija stabilnosti pri velikim brzinama i povoljno savladavanje krivina pri niskim brzinama, što nije bilo izvodljivo sa pasivnim dvoosovinskim vozilima.

Jedna od varijanti aktivnog vođenja jeste upravljanje momentom osoviniskog sklopa prilikom vijuganja. Ovo se postiže pomoću uređaja protiv vijuganja – aktuatora, ili primenom para uzdužnih aktuatora. Primena je moguća i kod kompaktnih osoviniskih sklopova i kod sklopova sa nezavisnim obrtanjem točkova. Druga mogućnost je ugradnja aktuatora na osoviniski sklop u bočnom pravcu, čime se obezbeđuje stabilnost osoviniskog sklopa i obezbeđuje dobro ponašanje u krivini. Obe varijante su prikazane na slikama 4 i 5.



Slika 4: Aktivno vođenje preko momenta vijuganja



Slika 5: Aktivno vođenje preko bočne sile

Ovaj sistem karakterišu 2 stepena slobode (kolski sanduk i osoviniski sklopovi), dok kod osoviniskih sklopova sa nezavisnim obrtanjem točkova, postoje 3 stepena slobode.

U projektu se primenjuju elektro-hidraulični i elektro-mehanički aktuatori. Elektro-hidraulični aktuator čini dvostruki cilindar kojim upravlja servo ventil. Elektro-mehanički aktuator se pokreće motorom jednosmerne struje.

Opšti zaključci primene vođenja osoviniskih sklopova aktuatorima su:

- svi aktivni sistemi vođenja poboljšavaju ponašanje vozila u krivinama,
- lakše je upravljati osoviniskim sklopovima sa nezavisnim obrtanjem točkova od klasičnih osoviniskih sklopova,
- na osobine aktuatora najviše utiču nepravilnosti na pravoj pruži; uticaj u krivinama je manji, naročito kod osoviniskih sklopova sa nezavisnim obrtanjem točkova,
- aktuatori troše vrlo malo energije.

3.3. Osoviniski sklopovi sa kontrolisanim obrtnim momentom

Poslednjih 30 godina prisutne su ideje za rešavanje

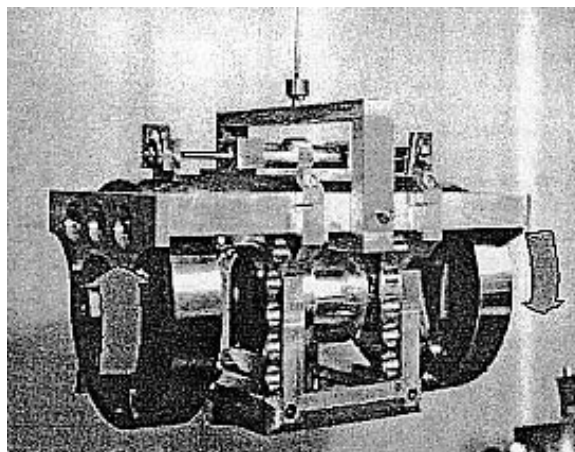
suprotstavljenih zahteva između stabilnosti vozila i upisivanja vozila u krivinu, a koje podrazumevaju modifikacije osoviniskih sklopova ili uvodjenje aktivnih elemenata u primarno ogibljenje.

Tipično i kritično ponašanje osoviniskog sklopa predstavlja sinusoidalno kretanje (vijuganje) pri kome je vozilo nestabilno, a pojavljuje se kada brzina vozila premaši određenu kritičnu brzinu. "Mechatronic" osoviniski sklopovi mogu da izbegnu ovakve kritične oscilacije.

"Mechatronic" osoviniski sklopovi imaju sposobnost centriranja u odnosu na kolosek, čime se smanjuje habanje venaca točkova, smanjuje se proizvedena buka i poboljšava se kvalitet trčanja. Ovo se postiže kontrolisanim prenosom različitih obrtnih momenata sa jednog točka na drugi. Ovaj obrtni moment se proizvodi pomoću elektromagnetnih sila.

Glavni zadatak ovakvih osoviniskih sklopova je da se pomire konflikti između stabilnosti, savladavanja krivina, komfora i habanja. Pošto se stabilnost ovakvog osoviniskog sklopa ostvaruje direktnim upravljanjem uzdužnim silama klizanja, moguće je konstruisati takvo ogibljenje koje garantuje veći komfor i lakše upisivanje u krivinu. Sile u dodiru točak/šina kao i nastalo trenje se mogu značajno smanjiti, čime se smanjuje i habanje i buka. Razvoj nekonvencionalnih, lakih železničkih vozila je moguć zahvaljujući pojednostavljenju ogibljenja i kombinacijom vučnih i upravljačkih karakteristika.

Princip rada je takav da je razvijena zupčanička kutija koja ostvaruje vezu između dva točka na istoj osovini tako da se formira različit obrtni moment pomoću eksternog servo motora, slika 6. Ova zupčanička kutija prenosi različite relativne brzine, zanemarujući apsolutnu brzinu. Električni servo motor se bavi samo različitim obrtnim momentom, a ne trpi uticaj od strane vučnih i kočnih obrtnih momenata.

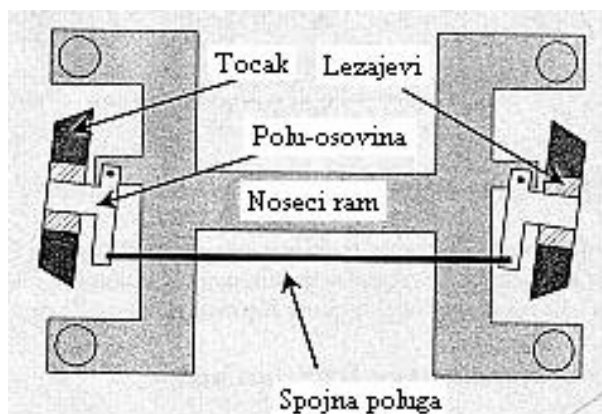


Slika 6: Osoviniski sklop sa kontrolisanim obrtnim momentom

Primena ovakvih osoviniskih sklopova, sa kontrolisanim obrtnim momentom, najbolje se pokazala kod dvoosovinskih i zglobnih vozila.

3.4. Direktno vođenje točkova na osovini

Slika 7 prikazuje mehaničku šemu direktnog vođenja točkova na osovini.



Slika 7: Direktno vodjenje točkova na osovini

Istraživanje ovakve varijante vodjenja je podrazumevalo da se najpre procene mogućnosti osnovnog vodjenja polazeći od pretpostavke da se osovinski sklop nalazi u perfektnom stanju i da se vodjenje obavlja po precizno definisanim pravilima. Na taj način je najpre određena osnovna stabilnost vozila i ponašanje u krivinama. Potom je modeliran mehanizam za vodjenje i izračunata su sva opterećenja, pomeranja i brzine idealnog uređaja za vodjenje. Ovo je omogućilo da se formira nekoliko različitih tipova uređaja za vodjenje i konačan korak je bio da se u kompletan sistem uključi i dinamičko ponašanje takvog uređaja, tako da je moglo da se izvrši ocenjivanje različitih tehnologija tih uređaja za vodjenje – servo-hidraulični, elektro-mehanički i elektro-magnetni.

Istraživanjem je utvrđeno da je za direktno vodjenje točkova na osovini od većeg značaja ponašanje na pravoj pruzi pri velikim brzinama nego savladavanje krivina, a potrebe energije su vrlo male zbog malih masa delova u

pokretu.

4. SMANJENJE MASE

“Mechatronic” tehnologija ima veliki uticaj na masu vozila. Usvojena metodologija omogućava realnu procenu mase budućih vozila utemeljenu na očekivanom razvoju ovih vozila.

Prikaz očekivanih smanjenja mase dat je na primeru tri klasične kompozicije vozova, pri čemu je uzeto u obzir da su dvoosovinska i zglobna vozila manjih dužina od klasičnih vozila sa obrtnim postoljima. Razmatrane kompozicije su:

- dva vozila sa klasičnim obrtnim postoljima, svako dužine 24 m;
- tri dvoosovinska vozila, svako dužine 16 m;
- četiri zglobna vozila, svako dužine 12 m.

Predviđene vrednosti masa budućih “Mechatronic” vozila i poredjenje sa sadašnjim su date u tabeli 1.

Iz tabele je vidljivo da se zahvaljujući tehnologiji budućnosti u prvoj fazi može predvideti smanjenje mase vozila za oko 15%. Međutim, daljim razvojem ove tehnologije može se predvideti sledeće:

- masa vozila sa obrtnim postoljima će se smanjiti za 31%;
- masa dvoosovinskih vozila će se smanjiti za 35% (nema obrtnih postolja, sami osovinski sklopovi lakši, manje vučne opreme i jednostavniji kočni sistem);
- masa zglobnih vozila će se smanjiti za 40% (manje osovinskih sklopova, manje vučne opreme i jednostavniji kočni sistem).

Tabela 1: Moguće smanjenje mase

| | 4.1. SADAŠNJA (kg) | | | Faktor smanjenja (%) | 4.2. BUDUĆA (kg) | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| | 2 vozila, sa obr. post. (2x24m) | 3 vozila, dvoosovinska (3x16m) | 4 vozila, zglobna (4x12m) | | 2 vozila, sa obr. post. (2x24m) | 3 vozila, dvoosovinska (3x16m) | 4 vozila, zglobna (4x12m) |
| Kolski sanduk | 13.248 | 13.248 | 13.248 | 10 | 11.923 | 11.923 | 11.923 |
| Sedišta i oprema u kolima | 14.784 | 14.784 | 14.784 | 20 | 11.827 | 11.827 | 11.827 |
| Pomoćna oprema | 12.060 | 12.060 | 12.060 | 15 | 10.251 | 10.251 | 10.251 |
| Vučni sistem | 3.520 | 3.324 | 3.096 | 20 | 2.816 | 2.659 | 2.477 |
| Obrtno postolje (sa vučnim motorima) | 24.680 | 22.500 | 18.750 | 15 | 20.978 | 19.125 | 15.938 |
| Kočni sistem | 1.518 | 1.433 | 1.335 | 15 | 1.290 | 1.218 | 1.135 |
| Osovinski sklopovi | 7.360 | 5.520 | 4.600 | 10 | 6.624 | 4.968 | 4.140 |
| 4.2.1 Ukupna masa | 77.170 | 72.869 | 67.873 | / | 65.710 | 61.972 | 57.690 |

5. SMANJENI TROŠKOVI

Veoma je teško obaviti kompletnu komparativnu analizu i poredjenje troškova između budućih “Mechatronic” vozila i sadašnjih konvencionalnih vozila

velikih brzina sa obrtnim postoljima. Međutim, neke početne procene mogu da se prikažu i akcentat će biti na troškovima održavanja, konkretno na primeru habanja točkova.

Reprofilisanje točkova, kao posledica habanja, ima izuzetno značajan udeo u troškovima održavanja. Kod

vozila velikih brzina (300 km/h), veoma je važno u eksploataciji obezbediti perfektno stanje u dodiru točakšina da bi se održala dinamička stabilnost vozila. Zbog toga je neophodno da profil točka uvek bude u propisanim granicama.

Ovde će se izvršiti poredjenje eksperimentalnih rezultata za konvencionalno vozilo sa obrtnim postoljima koje se nalazi u komercijalnoj upotrebi i teorijskih rezultata za dvoosovinsko "Mechatronic" vozilo.

Kao referentno komercijalno vozilo izabrana su putnička kola serije 12600 Španskih železnica (RENFE), vozilo sa obrtnim postoljima i maksimalnom brzinom od 200 km/h. Ispitivanja su vršena na različitim trasama, a poredjenje je obavljeno samo za rezultate dobijene na liniji Madrid-Kadiz, dužine 723 km, koju karakterišu mnogobrojne krivine i koja uzrokuje znatno habanje točkova.

Merenjem je dobijeno da se na svakih 26.125 km trčanja putničkih kola serije 12600 debljina venca smanji za 1 mm. Interni kriterijum na RENFE za reprofilsanje točkova je smanjena debljina venca za 8 mm. Sledi da vozilo pretrči 209.000 km pre reprofilsanja točkova.

Za dvoosovinsko "Mechatronic" vozilo, sa aktivnim sistemom vođenja, izvršeno je predviđanje na istoj liniji i teorijskim merenjem je dobijeno da je habanje točkova kod "Mechatronic" vozila oko 8 puta niže nego kod konvencionalnog vozila sa obrtnim postoljima. Poredjenjem teorijskih i eksperimentalnih rezultata, može se dobiti gruba procena pretrčanih kilometara do reprofilsanja točkova:

- Putnička kola serije 12600 RENFE:
209.000 km
- "Mechatronic" dvoosovinsko vozilo:
 $209.000 \times 8 = 1.693.439$ km.

Na osnovu ovog rezultata je vidljivo značajno produženje veka točkova direktnom primenom "Mechatronic" tehnologije, a samim tim i značajne uštede u troškovima na održavanju.

6. BEZBEDNOST I POUZDANOST U RADU

Trčeci stroj kod "Mechatronic" vozila je takav da su različiti sklopovi i uređaji grupisani na jednom mestu. Sa jedne strane se od trčecog stroja zahteva odgovarajuća bezbednost, a sa druge strane pouzdanost u radu.

Zahtevi, koje železničke Uprave postavljaju pred vozove velikih brzina, dati u tabeli 2, dobijeni su na osnovu eksploatacije za koju su ova vozila namenjena, na osnovu pouzdanosti u radu, uzimajući u obzir raspoloživost i troškove održavanja.

Tabela 2: Zahtevi za vozove velikih brzina

| | |
|-------------------------------------|--|
| Broj radnih dana u godini | 340 |
| Prosečan broj radnih sati | 20 sati svakog radnog dana 6800 sati godišnje |
| Raspoloživost | 24 sata na dan |
| Broj pretrčanih kilometara godišnje | 500.000 km |
| Maksimalna brzina | 300 km/h |
| Intervali održavanja | Redovni, periodični |
| Klimatski uslovi | Srednje-evropski |
| Procenjeni tehnički vek | 30 godina |

Primena aktivnog vođenja ponudila je rešenja koja nude radikalna poboljšanja u radu voza, međutim postalo je neophodno da se utvrdi da li takva rešenja mogu da se postignu a da se pri tom zadrže postojeća bezbednost i pouzdanost u radu.

Bezbednost je parametar od izuzetnog značaja. Pristup bezbednosti je zahtevao da se za svaki element aktivnog trčecog stroja definiše koji element potencijalno može da otkaze a koji ne, pri čemu se pošlo od pretpostavke da sve kritične mehaničke komponente ne mogu da otkazu (kombinacija konzervativne gradnje kao kod konvencionalnih vozila, kontrole kvaliteta u proizvodnji i preventivnog održavanja). Sa druge strane, za elektronske komponente (na primer senzore i magistrale za prenos podataka), pretpostavlja se da može doći do otkaza iako "tehnologija budućnosti" ovih komponenti predviđa mogućnost samo-dijagnostike koja će otkriti većinu otkaza kod ovih uređaja.

Pouzdanost u radu se razmatra na sledeći način: sve komponente, čiji bi otkaz doveo do nebezbednog stanja i zaustavljanja voza, moraju da se dupliraju (uređaji za napajanje, procesori, magistrale za prenos podataka), dok se za manje pouzdane komponente zahteva njihovo tripliranje (senzori, servo-ventili, pojačivači signala). Naravno, otkaz ovakvih komponenti zahteva da se opravka ili zamena izvrši u definisanom vremenskom periodu, da bi se pouzdanost održala na željenom nivou.

Ciljne vrednosti za pouzdanost kod "Mechatronic" sistema definisani su na sledeći način, tabela 3:

Tabela 3: Ciljne vrednosti za pouzdanost

| Sistem | Broj predjenih kilometara pre pojave otkaza | Broj otkaza na 10^6 kilometara |
|--------------------------|---|----------------------------------|
| Vučni sistem | 1.000.000 km | 1 |
| Kočioni sistem | 500.000 km | 2 |
| Sistemi aktivnog vođenja | 500.000 km | 2 |

7. ZAKLJUČAK

Danas, u savremenim granama saobraćaja, "Mechatronic" tehnologija zauzima značajno mesto. Avio industrija je u značajnoj meri ostvarila punu primenu računarskog upravljanja i "inteligentnih" uređaja. Automobilaska industrija je takodje ostvarila napredak primenom elektronskih uređaja za ubrizgavanje goriva i kompjuterizovanih sistema koji olakšavaju upravljanje vozilom. Železnička industrija zaostaje na tom polju zbog značajno dužeg radnog veka šinskih vozila ali su primetni novi i inovativni sistemi kao što je tehnika naginjanja vozila u krivinama (tilting vozovi) i sistemi vođenja osovinskih sklopova. Neizbežna je činjenica da će železnička vozila u budućnosti primeniti "Mechatronic" rešenja jer je to od strateške važnosti za železnicu. Upravo zbog toga su istraživanja koja su radjena u ovom projektu veoma važna za celu železničku industriju, ona garantuju naučnu osnovu za praktičnu primenu i u značajnoj meri pružaju nadu da će železnica u budućnosti održati visok rejting i značajno povećati svoje učešće na tržištu.

LITERATURA

- [1]“Mechatronic Technologies for Trains of the Future (Mechatronic Train)”, Brite-Euram Project, jun 2001.

MECHATRONIC – THE NEW APPROACH TO RAILWAY VEHICLE DESIGN IN THE FUTURE

Srdjan Škaro, Nenad Mirčevski

Abstract – Design of railway vehicles in the future, applying “Mechatronic” technology, will lead to enhanced lower weight, increased energy efficiency and increased transportation capacity, whilst maintaining existing high standards of safety and operational reliability. In this paper the emphasis was upon new principles of active steering of wheelsets, while stressing the importance of expected results in cost savings and lower weight and guaranting high safety and operational reliability.

Key words – railway of future, active steering

TRENDOVI U RAZVOJU MANEVARSKIH LOKOMOTIVA NA PRIMERIMA ODABRANIH EVROPSKIH ŽELEZNICA

Predrag Jovanović¹, Dragomir Mandić², Mirjana Stevanović³

Rezime: U radu su date elementarne eksploataciono-tehničke karakteristike manevarskih lokomotiva na značajnijim železničkim upravama Evrope. Na osnovu prikupljenih podataka sistematizovano je sadašnje stanje inventarskih parkova manevarskih lokomotiva i ocenjen je trend nabavke i razvoja ovih vozila u budućnosti.

Ključne reči: železnica, manevarski rad, manevarska lokomotiva

1. UVOD

Pod manevarskim radom podrazumevamo svako kretanje jednog ili više vozila, između sebe zakvačenih ili ne, u cilju prebacivanja sa jednog mesta na drugo, a koje ne predstavlja vožnju voza. Kao takav, manevarski rad na železnici predstavlja sporedan rad, neproduktivan deo tehnološkog procesa. Težnja je svih železničkih uprava da usavrše manevarski rad tj. dovedu ga do minimuma, u cilju smanjenja ukupnih troškova prevoza. Manevarska vozila, kao sredstva za obavljanje ove vrste rada, moraju posedovati takve eksploataciono-tehničke karakteristike koje omogućavaju brzo i jeftino obavljanje manevarskog rada.

U ovom radu se istražuju trendovi u razvoju manevarskih lokomotiva kroz analizu voznih parkova tih vozila kod pojedinih železničkih uprava u Evropi.

2. ŽELEZNIČKE UPRAVE ZAPADNO-EVROPSKIH ZEMALJA

2.1. Austrijske železnice, ÖBB

Austrijske državne železnice danas raspolažu sa osam serija manevarskih lokomotiva. Četiri serije predstavljaju električne manevarske lokomotive naizmeničnog sistema 15 kV, 16 2/3 Hz, s tim da su 30, od ukupno 50, lokomotiva serije ÖBB 1063 proizvedene kao dvosistemske i za 25 kV, 50 Hz. U odnosu na ukupan broj manevarskih lokomotiva, 22,22% su električne. Preostale četiri serije su dizel lokomotive, i to sa hidrauličnim prenosnikom snage. Pregled inventarskog parka manevarskih lokomotiva ÖBB-a je dat u tabeli 1.

Ukupan broj manevarskih lokomotiva svih serija koje su u inventarskom parku Austrijskih železnica je 432 vozila. Tri serije dizel-hidrauličnih lokomotiva, ÖBB 2060, ÖBB 2062 i ÖBB 2067 su manevarske lokomotive male instalisane snage, u rasponu od 147 do 442 kW i uglavnom su dvoosovinske, osim lokomotiva serije ÖBB 2067, koje su troosovinske. Ove lokomotive se, uglavnom, koriste za

rad na industrijskim kolosecima ili za rad u tehničko-putničkim stanicama. U ukupnom inventarskom parku manevarskih lokomotiva učestvuju sa 63,8%, tj. 276 lokomotiva. Ostale manevarske lokomotive, koje u inventarskom parku učestvuju sa 36,2%, imaju znatno veću instalisanu snagu, od 820 do 2040 kW, maksimalne vučne sile od 17600 do čak 37000 daN i koriste se za klasičnu manevru, tešku manevru, pa čak i za vuču lakših teretnih vozova. Elektro lokomotive serije ÖBB 1040 koriste se i za vuču putničkih vozova, s obzirom da imaju mogućnost zagrevanja putničkih garnitura. Manevarske lokomotive veće instalisane snage su uglavnom četveroosovinske, osim najjače serije OeBB 1064 koja je šestoosovinska, sa rasporedom osovina Co'Co'. Lokomotive serije OeBB 2068 nemaju obrtna postolja, tj. raspored osovina im je B'B'.

Starosna struktura manevarskih lokomotiva na Austrijskim železnicama je takva da je najstarija serija, ÖBB 1040, uvrštena u vozni park ÖBB-a 1950. godine, a najnovija serija manevarskih lokomotiva, ÖBB 1063, proizvodi se od 1994. godine. Od 1959. godine Austrijske železnice nisu nabavljale manevarske lokomotive sve do 1982. kada je u lokomotivski park uvrštena poslednja serija manevarskih lokomotiva male snage, ÖBB 2060. Nakon te godine nabavljane su samo manevarske lokomotive veće instalisane snage, tako da je danas 58,33% svih manevarskih lokomotiva starije od 40 godina. Od 1954. do 1982. godine nabavljene su sve serije dizel lokomotiva, a od 1984. godine u inventarski park, kao nove serije, uvedene su samo električne manevarske lokomotive. Sve manevarske lokomotive, izuzev najstarije serije, ÖBB 1040, tehnički su konstruisane sa centralnom kabinom, na sredini rama, ili sa kabinom na kraju, ali im je mašinski prostor nizak i uzan, što omogućava dobru preglednost u toku vožnje, nezavisno od smera kretanja. Lokomotive serije ÖBB 1040 su izvedene sa mašinskim prostorom između kabina, pa se pri promeni smera kretanja mora izvršiti i promena upravljačnice.

¹Predrag Jovanović*, dipl.inž.saob., asistent pripravnik, pjovan@verat.net

²Prof. dr Dragomir Mandić*, dipl.inž.saob., redovni profesor, irata@ptt.yu

³mr Mirjana Stevanović*, dipl.inž.saob., asistent, miras@ptt.yu

*Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, 11000 Beograd

Tabela 1. Pregled stanja inventarskog parka manevarskih lokomotiva austrijskih železnica

| Red. broj | Seriya vozila | Raspored osovina | Ukupno nabavljeno | God. poč. eksploatacije | Maksimalna snaga | Maksimalna vučna sila | Maksimalna brzina |
|-----------|---------------|------------------|-------------------|-------------------------|------------------|-----------------------|-------------------|
| 1 | 1040 | Bo' Bo' | 16 | 1950 | 2040 | 20000 | 90 |
| 2 | 1063 | Bo' Bo' | 50 | 1982 | 2000 | 26000 | 100 |
| 3 | 1163 | Bo' Bo' | 20 | 1994 | 1600 | 26000 | 120 |
| 4 | 1064 | Co' Co' | 10 | 1984 | 1520 | 37000 | 80 |
| 5 | 2060 | B | 100 | 1954 | 147 | 10000 | 30/60 |
| 6 | 2062 | B | 65 | 1958 | 294 | 12000 | 30/60 |
| 7 | 2067 | C | 111 | 1959 | 442 | 11800 | 65 |
| 8 | 2068 | B' B' | 60 | 1990 | 820 | 17600 | 100 |

2.2. Nemačke železnice, DB AG

U inventarskom lokomotivskom parku nemačkih železnica danas ima čak 23 serije manevarskih lokomotiva, sa ukupno 2034 lokomotiva. Bitno je istaći da su od ovog broja 383 lokomotive „nasleđene” ujedinjenjem sa Nemačkom Demokratskom Republikom. Interesantno je da su sve manevarske lokomotive, bez obzira na namenu i instalisanu snagu, dizel lokomotive sa hidrauličnim prenosnikom snage. Prikaz ovih lokomotiva je dat u tabeli 2.

Manevarske lokomotive male instalisane snage su u Nemačkoj zastupljene u inventarskom parku: 15,29% ili 311 lokomotiva. Instalisana snaga ovih lokomotiva kreće se od 162 do 390 kW. Trideset lokomotiva male snage preuzeto je od železnica bivše Istočne Nemačke.

Snažnije manevarske lokomotive na nemačkim železnicama zastupljene su sa 84,71%, a instalisana snaga kreće im se u granicama od 478 do 1000 kW. Najstarije

lokomotive u inventarskom parku manevarskih lokomotiva su lokomotive serija DB 360 i DB 361, puštene u eksploataciju 1955. godine. Međutim, iako su najstarije lokomotive nabavljene isto kada i u Austriji, park manevarskih lokomotiva nemačkih železnica je, starosno gledano, znatno ravnomernije popunjavane. Naime, nabavka novih serija manevarskih lokomotiva vršena je tako da je najveći period između dve nabavke iznosio 9 godina, između 1973. i 1982. godine. Najnovije serije manevarskih lokomotiva na nemačkim železnicama su serije DB 294.95 i DB 362, koje su uvrštene u lokomotivski park 2000. godine.

Sve manevarske lokomotive nemačkih železnica konstruktivno su izvedene sa centralnom kabinom, ili kabinom na kraju rama, ali obavezno sa niskim i uzanim mašinskim prostorom što omogućuje dobru preglednost u toku vožnje. Takođe, upravljanje lokomotivom moguće je sa obe strane upravljačnice.

Tabela 2. Prikaz stanja inventarskog parka manevarskih lokomotiva nemačkih železnica

| Red. broj | Seriya vozila | Raspored osovina | Ukupno nabavljeno | God. poč. eksploatacije | Maksimalna snaga | Maksimalna vučna sila | Maksimalna brzina |
|-----------|---------------|------------------|-------------------|-------------------------|------------------|-----------------------|-------------------|
| 1 | 352 | B | 25 | 1997 | 390 | 14100 | 40/80 |
| 2 | 290 | B' B' | 408 | 1964 | 809 | 23200 | 40/80 |
| 3 | 291 | B' B' | 30 | 1973 | 809 | 23500 | 40/80 |
| 4 | 294 | B' B' | 287 | 1995 | 809 | 23200 | 40/80 |
| 5 | 294.95 | B' B' | 10 | 2000 | 1000 | 23200 | 40/80 |
| 6 | 295 | B' B' | 73 | 1995 | 809 | 23500 | 40/80 |
| 7 | 298 | B' B' | 43 | 1966 | 750 | 22000 | 33/80 |
| 8 | 298.3 | B' B' | 37 | 1982 | 750 | 22000 | 33/80 |
| 9 | 312 | B | 5 | 1968 | 162 | 8000 | 19/35 |
| 10 | 312.1-2 | B | 25 | 1970 | 162 | 7100 | 16/40 |
| 11 | 332 | B | 24 | 1959 | 177 | 8300 | 45 |
| 12 | 333 | B | 23 | 1965 | 177 | 8300 | 45 |
| 13 | 335 | B | 187 | 1984 | 177 | 8300 | 45 |
| 14 | 333.5 | B | 22 | 1984 | 177 | 8300 | 45 |
| 15 | 345 | D | 102 | 1964 | 478 | 19400 | 60 |
| 16 | 346.2-9 | D | 165 | 1964 | 478 | 19400 | 60 |
| 17 | 347 | D | 6 | 1987 | 478 | 19400 | 60 |
| 18 | 360 | C | 104 | 1955 | 478 | 11800 | 30/60 |
| 19 | 361 | C | 3 | 1955 | 478 | 13200 | 30/60 |
| 20 | 364 | C | 170 | 1988 | 478 | 11800 | 30/60 |
| 21 | 362 | C | 3 | 2000 | 480 | 13200 | 30/60 |
| 22 | 365 | C | 192 | 1984 | 478 | 13200 | 30/60 |
| 23 | 363 | C | 90 | 1998 | 480 | 13200 | 30/60 |

2.3. Francuske državne železnice, SNCF

Na francuskim železnicama danas radi 1721 manevarska lokomotiva, tj. 11 različitih serija. Samo su lokomotive serije SNCF 401100, proizvedene 1943. godine, električne lokomotive, i to jednosmernog sistema 1500 V, dok su sve ostale serije dizel lokomotive. Za razliku od nemačkih i austrijskih železnica, u Francuskoj su dizel lokomotive sa različitim tipovima prenosnika snage. Jedina serija dizel-mehaničkih lokomotiva uvrštena je u inventarski park 1963. godine, a od tada nove serije su ili sa hidrauličnim, ili sa električnim prenosnikom snage. Ukupno gledano, čak 99,30% manevarskih lokomotiva čine dizel lokomotive i pošto je jedina serija elektro lokomotiva ujedno i najstarija, treba očekivati njeno povlačenje.

Na francuskim železnicama, u inventarskom parku, značajno prevladavaju manevarske lokomotive male instalisane snage, koje su u ukupnom manevarskom inventarskom parku zastupljene sa čak 71,64%, tj. 1233 lokomotive. Instalisana snaga lokomotiva ovih serija kreće se od 150 do 219 kW.

Instalisana snaga manevarskih lokomotiva veće snage kreće se u granicama od 400 do 1030 kW. Interesantno je da je serija sa najvećom raspoloživom vučnom silom SNCF 464700 proizvedena 1958. godine spajanjem dve lokomotive serije SNCF 163500, s tim da je na dodatoj lokomotivi uklonjena kabina, kako bi se omogućila preglednost iz preostale upravljačnice.

Kao što je već navedeno, najstarija serija u manevarskom inventarskom parku je uvrštena u park 1943. godine, a nakon rata prva serija je nabavljena 1953. godine. Nakon te godine, nove serije manevarskih lokomotiva nabavljane su „redovno” sve do 1977. godine, kada je nastupio period od 13 godina u kome su kupovane lokomotive serija iz prethodnog perioda, ili nisu kupovane uopšte. Tek 1990. godine francuske železnice su nabavile dve nove serije manevarskih lokomotiva i do danas su one ostale najmodernije na mreži pruga SNCF-a.

2.4. Italijanske državne železnice, FS

Na italijanskim železnicama takođe su u upotrebi i dizel i električne lokomotive, s tim da su kod dizel lokomotiva zastupljeniji električni i hidraulični prenosnici snage. U ukupnom inventarskom parku manevarskih lokomotiva FS danas postoji 860 lokomotiva, odnosno 18 serija.

Sve električne lokomotive proizvedene su za jednosmerni sistem napajanja od 1500 kV i u ukupnom inventarskom parku manevarskih lokomotiva učestvuju sa 16,28%, odnosno 140 lokomotiva.

Posmatrajući starosnu strukturu, uočljivo je da je najstarija serija manevarskih lokomotiva, FS D143, uvrštena u inventarski park 1957. godine, ali su to zapravo starije lokomotive, proizvedene u Sjedinjenim Američkim Državama, do tada u vlasništvu američke vojske. Danas ih je preostalo 49 i koriste se za tešku manevru. Najnovija serija na italijanskim železnicama je serija FS 255.2, uvrštena u inventarski lokomotivski park 1991. godine. Nove serije lokomotiva su relativno ravnomerno uvrštavane u lokomotivski park, u intervalima od jedne do šest godina. Ukupno, 161 lokomotiva je starija od 40 godina, što iznosi 18,72%.

Za razliku od francuske i austrijske železničke uprave,

na italijanskim železnicama prevladavaju manevarske lokomotive srednje i veće snage, dok su lokomotive male instalisane snage zastupljene sa 13,02%.

3. ŠVAJCARSKÉ ŽELEZNICE, SBB-FSS-CFF

U inventarskom parku manevarskih lokomotiva postoji 21 serija manevarskih lokomotiva sa 506 vozila. Suprotno u odnosu na ranije razmatrane uprave, ovde u inventarskom parku manevarskih lokomotiva brojnije su električne lokomotive kojih ima 67,19%, dok su sve dizel lokomotive sa električnim prenosnikom snage.

Na mreži pruga švajcarskih železnica, kao i kod prethodnih uprava, u upotrebi su manevarske lokomotive malih i velikih instalisanih snaga, ali su gotovo podjednako zastupljene. Lokomotive male instalisane snage učestvuju u inventarskom parku sa 49,21%, dok lokomotive veće snage figurišu sa 50,79%. Sve su dvoosovinske lokomotive, uglavnom sa rasporedom osovina B, ali kod dve serije raspored osovina je Bo. Instalisana snaga je u opsegu od 90 do 260 kW. Kod snažnijih manevarskih lokomotiva, instalisane snage se kreću od 326 do 1440 kW, ali značajno je da najmanju vrednost maksimalne vučne sile ostvaruju lokomotive najstarije serije, SBB Ee3/3, koja je u inventarski park uvrštena još 1930. godine.

Konstruktivno, sve manevarske lokomotive su izvedene sa niskim i uzanim mašinskim prostorom, bez obzira na položaj kabine, a upravljanje je moguće sa oba kraja upravljačnice.

Čak dvanaest serija manevarskih lokomotiva uvrštene su u inventarski park pre četrdeset godina, a najstarija pre čak 72 godine. Poslednja nabavljena serija manevarskih lokomotiva uvrštena je u inventarski park 1996. godine i jedina je serija manevarskih lokomotiva mlađja od 10 godina.

4. DRUGE ŽELEZNIČKE UPRAVE EVROPE

4.1. Ruske državne železnice, RŽD

Ruske državne železnice raspolažu sa dvanaest serija manevarskih lokomotiva. Manevarske lokomotive svih serija su sa dizel vučom. Četiri serije su sa hidrauličnim prenosnikom snage, ostalih osam su sa električnim prenosnikom snage.

Ukupan broj manevarskih lokomotiva ovih serija koje su u inventarskom parku ruskih državnih železnica, dostigao je cifru od 14373 vozila.

Starosna struktura manevarskih lokomotiva na ruskim državnim železnicama je takva da je najstarija serija puštena u eksploataciju 1958. godine, a najnovija serija manevarskih lokomotiva, 1989. godine. Po snazi se izdvajaju serije TEM7(A) i ČMES sa 1472, odnosno 1470 kW. Danas je u eksploataciji 5917 lokomotiva, sa starošću većom od 40 godina. Od 1979. godine nabavljaju se samo dizel-hidraulične lokomotive, dok su pre toga sve serije lokomotiva bile sa električnim prenosnikom snage.

Sve lokomotive konstruisane su tako da mašinovođa nema dovoljnu preglednost, te je zbog toga neophodno angažovanje više lica za izvršenje manevarskog rada. Na ruskim železnicama manevarske lokomotive se veoma razlikuju prema broju i rasporedu osovina a najzastupljeniji, raspored je Co'Co' prisutan kod pet serija.

4.2. Mađarske državne železnice, MAV

Mađarske državne železnice raspolažu sa jedanaest serija manevarskih lokomotiva. Jednu seriju čine električne lokomotive dok su sve ostale sa dizel agregatom. Kod dizel lokomotiva zastupljeni su sve tri vrste prenosnika snage, ali su najstarije serije, nabavljene 1954. godine, sa električnim prenosnikom snage, dok je 1955. nabavljena jedina serija dizel-mehaničkih lokomotiva. Kasnije, nove serije dizel lokomotiva su sa hidrauličnim prenosnikom.

Ukupan broj manevarskih lokomotiva svih serija koje su u inventarskom parku mađarskih železnica, a koji je prikazan u tabeli 3. iznosi 676 lokomotiva.

Kao i kod svih železnica Istočne Evrope preovlađuju lokomotive velike snage.

Sve manevarske lokomotive su konstruktivno tako izvedene da imaju zadovoljavajuću preglednost. Najstarije serije lokomotive u eksploataciji su M44 i M44.4, koje datiraju iz 1954. godine, koje su se izuzetno dobro pokazale, pa se i danas masovno koriste. Poslednja nabavljena serija manevarskih lokomotiva bila je 1983. godine. To je jedina električna manevarska lokomotiva na mađarskim železnicama, koja se osim za potrebe manevarskog rada koristi i za vuču sabirnih teretnih vozova „HiFi Tower“ i „Grasshopper“.

Manevarske lokomotive na mađarskim železnicama su uglavnom četvoosovinske, sa rasporedom osovina Bo'Bo' (kod tri serije) ili B'B', dok samo tri serije manevarski male snage odstupaju od ovoga: dve serije su dvoosovinske, B, dok je treća troosovinska, sa rasporedom osovina C.

4.3. Poljske državne železnice, PKP

Na poljskim železnicama takođe su u upotrebi i dizel i električne lokomotive, a prikaz je dat u tabeli 4. Samo jedna serija manevarskih lokomotiva je električna. Ove lokomotive se nisu u eksploataciji pokazale kao dobre, tako da više nisu naručivane. Sve dizel manevarske lokomotive imaju električni prenosnik snage osim najstarije serije SM03, koja ima mehanički prenosnik snage. Ove lokomotive su dvoosovinske, male instalisane snage, sa rasporedom osovina B, izrađene u više od šest stotina primeraka ali samo za potrebe industrije.

Posmatrajući starosnu strukturu, uočljivo je da su najstarije serije manevarskih lokomotiva, SM03 i SM30, uvrštene u inventarski park 1959. godine.

Većina manevarskih lokomotiva u konstruktivnom smislu izrađena je sa visokim mašinskim prostorom, čime se smanjuje preglednost mašinovođe, a samim tim bezbednosni uslovi nisu ispunjeni. Iz tog razloga poslednjih godina se proizvode vozila sa nižim mašinskim prostorom.

Većinu lokomotiva čine četvoosovinske lokomotive sa rasporedom osovina Bo'Bo', čak 1473 vozila, dok su lokomotive jedne serije šestoosovinske, Co'Co' i to je, pored navedene serije lokomotiva male snage, druga serija koja nije četvoosovinska.

Tabela 3. Prikaz stanja inventarskog parka manevarskih lokomotiva mađarskih železnica

| Red. broj | Serija vozila | Raspored osovina | Ukupno nabavljeno | God. poč. eksploatacije | Maksimalna snaga | Maksimalna vučna sila | Maksimalna brzina |
|-----------|---------------|------------------|-------------------|-------------------------|------------------|-----------------------|-------------------|
| 1 | V 46 | Bo' Bo' | 60 | 1983 | 820 | 26600 | 80 |
| 2 | M 28.1 | B | 24 | 1955 | 147 | | 30 |
| 3 | M 28.2 | B | 10 | 1955 | 147 | | 30/50 |
| 4 | M 32 | C | 56 | 1972 | 257 | | 22/60 |
| 5 | M 43 | B' B' | 160 | 1974 | 331 | | 30/60 |
| 6 | M 44 | Bo' Bo' | 200 | 1954 | 440 | | 80 |
| 7 | M 44.4 | Bo' Bo' | 26 | 1954 | 440 | | 80 |
| 8 | M 47.1 | B' B' | 38 | 1974 | 514 | | 35/70 |
| 9 | M 47.12 | B' B' | 8 | 1974 | 630 | | 35/70 |
| 10 | M 47.13 | B' B' | 19 | 1974 | 630 | | 35/70 |
| 11 | M 47.2 | B' B' | 75 | 1975 | 700 | | 35/70 |

Tabela 4. Prikaz stanja inventarskog manevarskog parka PKP-a

| Red. broj | Serija vozila | Raspored osovina | Ukupno nabavljeno | God. poč. eksploatacije | Maksimalna snaga | Maksimalna vučna sila | Maksimalna brzina |
|-----------|---------------|------------------|-------------------|-------------------------|------------------|-----------------------|-------------------|
| 1 | EM10 | Bo' Bo' | 4 | 1990 | 960 | | 80 |
| 2 | SM03 | B | 600 | 1959 | 111 | | 45 |
| 3 | SM30 | Bo' Bo' | 291 | 1959 | 257 | | 58 |
| 4 | SM31 | Co' Co' | 140 | 1976 | 882 | | 80 |
| 5 | SM42 | Bo' Bo' | 1050 | 1963 | 588 | | 90 |
| 6 | SM48 | Bo' Bo' | 128 | 1976 | 882 | | 100 |

4.4. Češke železnice, ČD

Na češkim železnicama u eksploataciji je jedanaest serija manevarskih lokomotiva, od čega su 3 serije sa električnom vučom, jedna serija je sa kombinovanom dizel i električnom vučom, a ostale su isključivo sa dizel vučom i sve su sa električnim prenosnikom snage, dok je najnovija serija manevarskih lokomotiva dizel-mehanička. Napravljena je samo jedna lokomotiva ove serije, i to prepravkom lokomotive povučene serije 701. Važno je napomenuti da je Češka proizvođač lokomotiva, pa kao takva raspolože velikim brojem serija i lokomotiva u odnosu na veličinu svoje železničke mreže. Stanje inventarskog parka ovih lokomotiva dato je u tabeli 5.

Manevarske lokomotive su većinom četvoosovinske, Bo'Bo', dok od ovoga odstupaju jedino tri serije dvoosovinskih lokomotiva male instalisane snage, čiji je raspored osovina B, odnosno kod jedne serije Bo.

5. ZAKLJUČAK

Posmatrajući podatke o manevarskim lokomotivama nekoliko zaključaka se može doneti već na prvi pogled:

- za razliku od ostalih vozila, manevarske lokomotive imaju izuzetno dug vek eksploatacije, najčešće 40-50 godina, a ponekad i duže. Bez obzira na tu činjenicu, ova vozila svojim tehničko-eksploatacionim i vučnim karakteristikama uspešno zadovoljavaju postavljene zadatke,

- manevarske lokomotive na dizel pogon poslednjih godina se, uglavnom izrađuju sa hidrauličnim ili električnim prenosnikom snage. Poslednja serija dizel-mehaničkih manevarskih lokomotiva je serija CD 703.8 za češke železnice, ali je proizvedena samo jedna lokomotiva i to prepravkom povučene serije,

- železničke uprave ekonomski razvijenijih zemalja raspolože velikim brojem serija manevarskih lokomotiva i u svoj inventarski manevarski park redovnije uvrstavaju nove serije ovih vozila. Takođe, kod njih je primetna znatna upotreba manevarskih lokomotiva male instalisane snage. Sve ovo pokazuje da se i pored velike ekonomske moći posmatranih država, naručivanje i nabavka novih manevarskih vozila vrši prvenstveno na osnovu striktno određenih zadataka koje će novo vozilo izvršavati,

- ne postoje bitne novine u konstrukciji i proizvodnji novijih manevarskih lokomotiva, osim u primeni savremenih komunikacionih, informacionih i upravljačkih uređaja, pa zato ne treba da čudi učešće velikog broja starijih manevarskih vozila u inventarskim parkovima svih uprava. Kao posledica ove činjenice, nova vozila se nabavljaju u manjim serijama, samo u slučaju nedostatka dovoljnog broja manevarskih lokomotiva na mreži, a neretko se starije vozne lokomotive, nakon punog radnog veka, prebacuju u inventarski park manevarskih lokomotiva,

- na razvijenim zapadnoevropskim železničkim upravama već danas je u upotrebi veliki broj manevarskih lokomotiva koje su opremljene radio uređajima za daljinsku kontrolu i upravljanje (bez mašinovođe), a rastući trend u korišćenju ovih uređaja treba očekivati i na ostalim železnicama, jer to, osim povećanja bezbednosti i skraćanja vremena rada, dovodi i do smanjenja radne snage.

U budućnosti, takođe ne bi trebalo očekivati značajnije promene u konstrukciji manevarskih lokomotiva, jer su njihove tehničko-eksploatacione karakteristike u direktnoj zavisnosti sa tehnologijom rada železnice kao saobraćajnog sistema. S obzirom na zadatke koji joj se postavljaju, svaka manevarska lokomotiva mora biti u stanju da pokrene i premesti kola, grupu kola, pa čak u pojedinim slučajevima i ceo voz, ali takođe, mora biti u mogućnosti da ostvari dovoljno velika ubrzanja i usporenja, čime se ubrzanje proces manevarisanja, a i omogućava manevarisanje odbačajem, tamo gde je to moguće. Sva nova manevarska vozila, posebno ona nabavljena za rad u velikim gravitacionim ranžirnim stanicama, treba opremiti uređajima za daljinsku kontrolu i upravljanje.

Sve manevarske lokomotive treba da su upadljivih boja, kako bi bile lako uočljive sa bezbedne udaljenosti. Takođe, kao i ostala železnička vozila, moraju biti opremljena jakim sirenama. Iako buka predstavlja eksterne troškove, njeno smanjenje do minimuma ugrozilo bi bezbednost železničkih radnika, pa je ovde poželjno pronaći optimum.

Da bi se manevarskom osoblju omogućio bezbedan rad, manevarske lokomotive moraju biti opremljene dovoljnim brojem pristupačnih rukohvata i platformi za stajanje, a mašinski prostor treba da je nizak i uzan, kako bi mašinovođa imao potrebnu preglednost, posebno tamo gde su manevarski odredi sastavljeni od malog broja radnika.

Tabela 5. Prikaz stanja inventarskog parka manevarskih lokomotiva čeških železnica

| Red. broj | Seriya vozila | Raspored osovina | Ukupno nabavljeno | God. poč. eksploatacije | Maksimalna snaga | Maksimalna vučna sila | Maksimalna brzina |
|-----------|---------------|------------------|-------------------|-------------------------|------------------|-----------------------|-------------------|
| 1 | 110 | Bo' Bo' | 52 | 1971 | 800 | 18600 | 80 |
| 2 | 111 | Bo' Bo' | 35 | 1981 | 760 | 18600 | 80 |
| 3 | 113 | Bo' Bo' | 6 | 1973 | 400 | 15400 | 50/80 |
| 4 | 703.8 | B | 1 | 1999 | 159 | | 40 |
| 5 | 704 | Bo | 20 | 1992 | 220 | 6800 | 60 |
| 6 | 721 | Bo' Bo' | 68 | 1963 | 551 | 18600 | 80 |
| 7 | 730 | Bo' Bo' | 19 | 1987 | 600 | 16500 | 80 |
| 8 | 731 | Bo' Bo' | 51 | 1988 | 600 | 17000 | 80 |
| 9 | 742 | Bo' Bo' | 453 | 1978 | 883 | 15300 | 90 |
| 10 | 743 | Bo' Bo' | 10 | 1987 | 800 | 15300 | 90 |
| 11 | 799 | B | 30 | 1996 | 37 | 6200 | 40 |

LITERATURA

- [1] WWW.cotswoldrail.com
- [2] WWW.centralmfg.com
- [3] WWW.siemens.com
- [4] WWW.alsthom.com
- [5] Materijali odabranih železničkih uprava
- [6] WEB sajтови železničkih uprava

TRENDS IN DEVELOPMENT OF SHUNTING LOCOMOTIVES FOR EXAMPLES OF CHOSEN RAILWAY COMPANIES

Predrag Jovanović, Dragomir Mandić, Mirjana Stevanović

***Abstract:** In this paper were given basic operation-technical characteristics of shunting locomotives at significant railway companies in Europe. On the basis of collected data are systematize present state of shunting locomotives inventory pool and estimate trend of purchasing and development of these vehicles in future.*

***Key words:** Railway, shunting, shunting locomotives*

ODRŽAVANJE KOČNIH DISKOVA BSI NA PUTNIČKIM KOLIMA TIPA Z1

Vladimir Aleksandrov¹

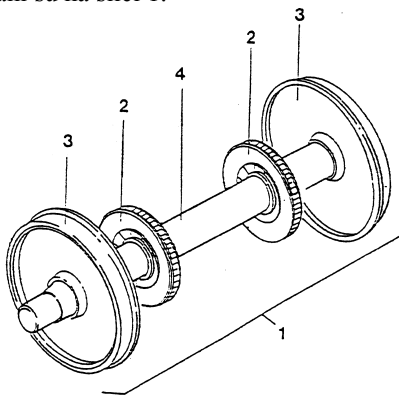
Rezime - Rad je posvećen održavanju kočnih diskova proizvodnje BSI disk kočnica na putničkim kolima JŽ tipa Z1 za brzine do 200 km/h. U radu se daje pregled vrsta, ciklusa i rokovi održavanja kočnih diskova i opis radova kod pojedinih vrsta održavanja ovih.

Ključne reči - železnica, železnička kola, kočnice, disk kočnice, kočni diskovi, održavanje.

1. UVOD

Na najnovijoj generaciji domaćih putničkih kola tipa Z1, serije At, Bt i WR, ugrađeni su kočni diskovi tipa BSI Ø610X110mm, po dva komada po osovinskom sklopu.

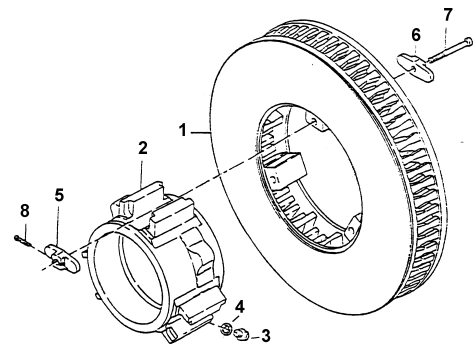
Sastavni elementi osovinskog sklopa sa dva kočna diska prikazani su na slici 1.



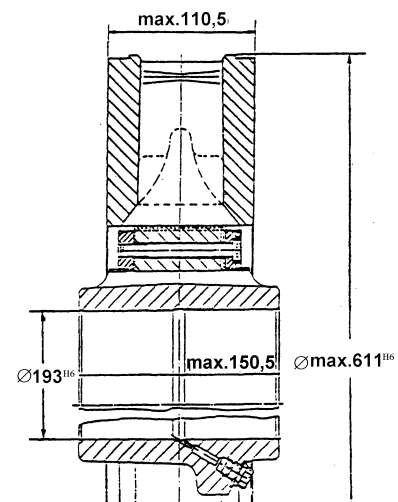
Slika 1. Osovinski sklop sa dva kočna diska:
1- osovinski sklop; 2- kočni disk; 3- točak; 4- osovinu;

Sastavni delovi kočnog diska BSI, u demontiranom stanju, prikazani su na slici 2, a dimenzije istog na slici 3.

Kočnice kao sistem železničkog vozila od posebne namene predstavljaju, pored trčućeg stroja, sa aspekta bezbednosti saobraćaja, svakako najodgovorniji sistem vozila. Posebnu odgovornost u tome imaju izvršni organi kočnice, odnosno elementi koji obezbeđuju potrebnu kočnu silu, a to je, kod disk kočnica, kočni (tarni) par - disk/umetak. Može biti čitava elektropneumatska instalacija i kočna oprema u idealnom tehničkom stanju, ako je kočni disk (ili kočni umetak) neispravan ili istrošen, nema stvaranja kočne sile, nema kočenja voza, a posledice toga mogu biti katastrofalne. Zbog toga se, kod održavanja disk kočnica, posebna pažnja mora posvetiti održavanju kočnih diskova i blagovremenoj zameni neispravnih ili istrošenih kočnih umetaka.



Slika 2. Sastavni delovi kočnog diska:
1- tarni prsten; 2- glavčina; 3- vijak (čep); 4- zaptivni prsten; 5- sigurnosna pločica; 6- sigurnosna pločica; 7- vijak ocilindra; 8- rascepk;

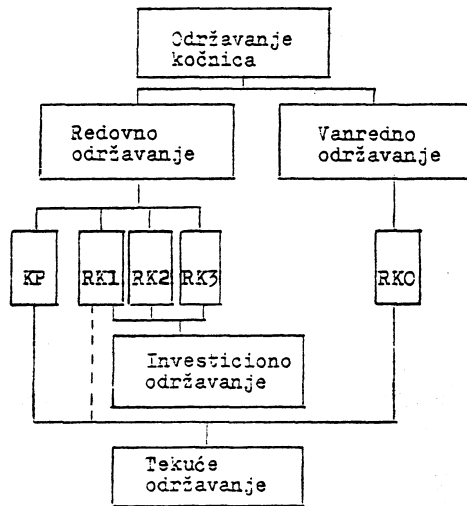


Slika 3. Dimenzije kočnog diska BSI Ø 610 X 110mm.

2. VRSTE, CIKLUSI I ROKOVI ODRŽAVANJA KOČNIH DISKOVA

Analogno održavanju železničkih kola i održavanje kočnica može biti: redovno i vanredno. Vrste održavanja kočnica prikazane su na slici 4.

¹ Vladimir Aleksandrov, dipl. maš. inž, Beograd, Prote Mateje 40A



Slika 4. Vrste održavanja kočnica:

KP- kontrolni pregled; RK1 – revizija kočnica br.1;
RK2 – revizija kočnica br.2; RK3 – revizija kočnica br.3;
RKO – revizija kočnica br.0

Održavanje kočnih diskova vrši se kod svih vrsta održavanja kočnica, u potrebnoj meri.

Čuveni proizvođač kočnih diskova - firma BSI (Bergische Stahl Industrie) - preporučuje sledeće vrste i cikluse održavanja kočnih diskova :

- Dnevni pregled (pregled A)
- Mesečni pregled (pregled B)
- Godišnji pregled (pregled C)
- Revizionni pregled (pregled D).

Pregled A vrši se svakodnevno, kod dnevnog pregleda kola.

Pregled B vrši se kod mesečnih pregleda kola ili na svakih 10000 pretrčanih kilometara.

Pregled C vrši se jednom godišnje ili na svakih 120000km pređenog puta.

Pregled D vrši se kod "revizija" kola, odnosno kod redovnih opravki kola (maloj - MO, srednjoj - SO i velikoj - VO).

Pored navedenih pregleda, koji predstavljaju preventivni program održavanja, moguće je i vanredno održavanje kočnih diskova - prema ukazanoj potrebi.

Pregledi C i D se poklapaju sa ciklusima i rokovima revizija kočnica br.1, 2 i 3 (RK1, RK2, RK3) i predstavljaju tzv. investiciono održavanje, dok pregledi A i B koji se vrše kod kontrolnih pregleda (dnevnih - DP i mesečnih - MP), kao i revizija kočnica br. 0 (RKO) spadaju u tzv. tekuće održavanje.

Kod dnevnog pregleda A na kočnom disku se vrše sledeći radovi:

- vizuelna kontrola spoljnjih oštećenja,
- funkcionalno ispitivanje kočnog polužja i proba kočnica

Uočeni nedostaci moraju se odmah ukloniti.

Pored radova predviđenih dnevnim pregledom, kod mesečnog pregleda B vrše se sledeći dodatni radovi:

- provera kočnog diska na postojanje pukotina,
- kontrola kanala za hlađenje diska na prisustvo stranih tela.

Uočene nedostatke kod mesečnih pregleda treba odmah otkloniti. Kod godišnjeg pregleda C na kočnom disku vrše se sledeće dodatne aktivnosti :

- kontrola naleganja kočnih umetaka na frikционе prstenove, kao i čvrsto naleganje frikcionih prstenova na telo (glavčinu) diska proverom stanja zavrtneja,
- provera habanja kočnog diska merenjem udubljenja na kočnim prstenovima (voditi, istovremeno, računa i o pojavi žlebova i ljuspanja).

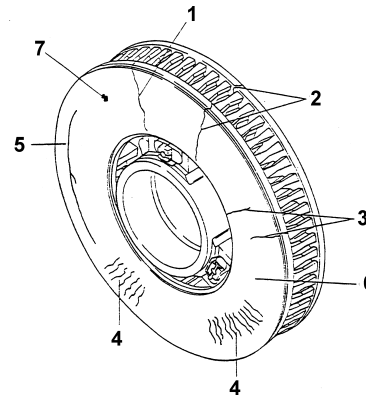
Pregled D vrši se prema propisima železnice za određenu vrstu revizije kočnica, koja se poklapa sa rokom redovne opravke. Kod ovog pregleda vrše se sledeće aktivnosti:

- skidanje osovinskog kočnog diska sa tela osovine, provera njegovog stanja i demontaža istog,
- čišćenje pojedinih delova, provera postojanja oštećenja i pohabanosti, po potrebi njihova zamena novim.

3. VRSTE NEISPRAVNOSTI KOČNIH DISKOVA

Pre nego što se pređe na detaljniji opis radova kod pojedinih pregleda kočnih diskova, potrebno je upoznati se sa mogućim defektima na kočnim diskovima, koji se mogu pojaviti u toku eksploatacije.

Na slici 5 prikazan je, u perspektivi, izgled kočnog diska sa naznačenim, u eksploataciji mogućim, defektima.

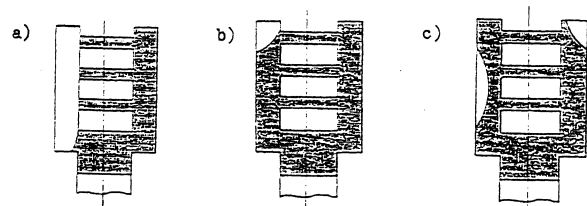


Slika 5. Mogući defekti na frikcionim površinama kočnog diska:

- 1- pukotina celom dubinom, na jednoj tarnoj površini;
- 2- pukotina celom dubinom, obostrano;
- 3- naprsline;
- 4- površinske pukotine;
- 5- žlebovi;
- 6- kružno udubljenje frikционе površine;
- 7- ljuskanje, nalepnice;

Sa aspekta bezbednosti najopasniji defekti su pukotine i naprsline, prikazane na slici 6.

Ipak, osnovni defekt je habanje diska. Razume se, pritom se troše i kočni umeci, ali oni se smatraju potrošnim materijalom i zamenjuju se novim kada se potroše do minimalno dozvoljene debljine. Pored toga, neminovno je i habanje u zglobovima kočnog polužja, ali ono nije predmet ovo rada.



Slika 6. Mogući defekti na tarnim površinama kočnog diska (definicije):

- a) pukotine celom dubinom;
- b) naprsline;
- c) površinske pukotine

4. OPIS RADOVA KOD ODRŽAVANJA KOČNIH DISKOVA:

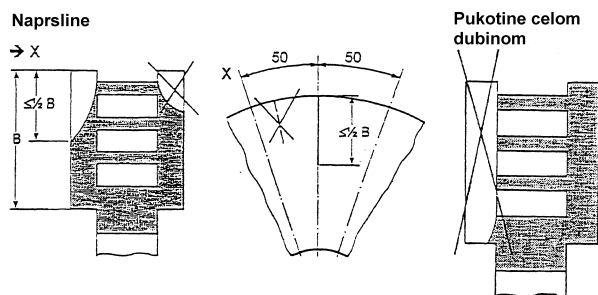
Opis aktivnosti sa primedbama, odnosno merama za otklanjanje neispravnosti kod dnevnog pregleda (pregled A) kočnih diskova, dat je u tabeli 1 u Prilogu.

Opis aktivnosti kod mesečnog pregleda (pregled B) dat je u Tabeli 2 u Prilogu.

Opis aktivnosti kod godišnjeg pregleda (pregled C) dat je u tabeli 3 u Prilogu.

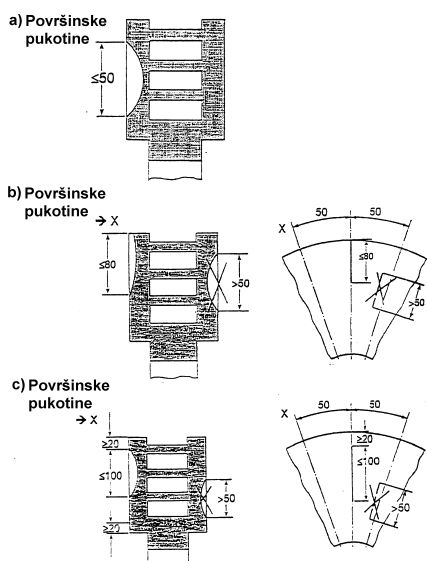
Opis aktivnosti kod pregleda D dat je u tabeli 4 u Prilogu.

Pukotine, odnosno naprsline na disku koje se tolerišu prema pregledima A, B i C, prikazane su na slici 7.



Slika 7. Pukotine, odnosno naprsline koje se tolerišu prema pregledima "A", "B" i "C"

Površinske pukotine na disku koje se tolerišu prema pregledu D prikazane su na slici 8.



Slika 8. Površinske pukotine koje se tolerišu prema pregledu "D"

5. DEMONTAŽA, OPRAVKA I MONTAŽA KOČNIH DISKOVA

Kočni disk se demontira samo kod izvođenja pregleda D i u slučaju većih vanrednih opravki. Redosled demontaže je sledeći:

- skinuti sa kola kompletan osovinski sklop,
- skinuti sa osovinskog sklopa bar jedan točak,
- uljnu ručnu pumpu visokog pritiska priključiti na

otvor za raspresavanje na glavčini diska,

- ubrizgavati ulje pod visokim pritiskom u otvor za raspresavanje sve do pojave curenja ulja van glavčine kako bi se glavčina što lakše skinula presom, a da ne ostanu tragovi (risevi) na sedištu glavčine diska na osovini osovinskog sklopa.

Zamena frikcionog prstena vrši se na glavčini dok je ona još uvek na osovini osovinskog sklopa. I ovde, takođe, bar jedan točak mora biti skinut. Postupak zamene frikcionog prstena vrši se prema uputstvu proizvođača diska ili uputstvu JŽ, odnosno ŽTP-a.

Montaža kočnog diska može se vršiti toplim postupkom (poprečno presovanje) ili hladnim postupkom (podužno presovanje).

Navlačenje kočnog diska toplim postupkom se izbegava zbog nemogućnosti snimanja dijagrama napresavanja, odnosno kontrole kvaliteta presovanog spoja.

Navlačenje kočnog diska hladnim postupkom vrši se na presi za napresavanje točkova. Pre navlačenja sedišta glavčine i otvor glavčine moraju biti temeljno očišćeni i lako podmazani. Navlačenje se vrši propisanom silom i brzinom (10-5 mm/s), bez prekida. Po završenom napresavanju kočnog diska vrši se napresavanje točka, tj. kompletiranje osovinskog sklopa.

6. ALATI I POTROŠNI MATERIJAL, ZA ODRŽAVANJE KOČNIH DISKOVA

Za montažu i demontažu kočnog diska neophodan je sledeći alat i pomoćna sredstva:

- standardna radionička oprema,
- montažni uređaj za pripremu osovine,
- hidraulična presa sa uređajem za navlačenje i svlačenje kočnih diskova,
- kontrolni klin za kontrolu mera glavčine diska,
- moment-ključ (do 100 Nm) za ostvarivanje momenta pritezanja glavčine.

Od potrošnog materijala potrebno je:

- čisto laneno ulje za podmazivanje sedišta diska i otvora glavčine, ili neko drugo sredstvo za podmazivanje,
- mast za podmazivanje ispučenja na glavčini prilikom navlačenja frikcionog prstena.

7. MERE ZAŠTITE NA RADU KOD REMONTA KOČNIH DISKOVA

Kod remonta kočnih diskova neophodno je pridržavati se sledećih sigurnosnih i zaštitnih mera:

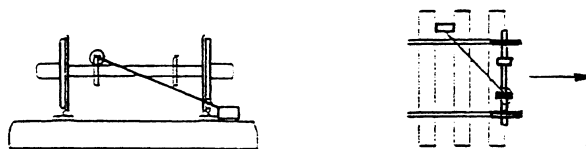
- kočni disk koristiti samo u tehnički besprekornom stanju,
- pre početka rada pročitati uputstvo za održavanje,
- obavezno koristiti lična zaštitna sredstva,
- rezervni delovi moraju biti originalni,
- za podmazivanje koristiti samo propisana sredstva,
- olabavljene zavrtnjeve pritegnuti propisanim momentom,
- u radu sa uljima i mastima poštovati propise o zaštiti životne sredine.

8. DETEKCIJA NEISPRAVNOSTI KOČNIH DISKOVA U TOKU VOŽNJE

Defekti kočnih diskova su, najčešće, termo-mehaničke prirode. Disk kočnice pripadaju familiji kočnica sa trenjem. Toplota koja se oslobađa usled trenja kod kočenja opterećuje kako disk, tako i kočni umetak. Sa porastom temperature na tarnim površinama dolazi do termičkog opterećenja materijala diska usled čega se javljaju naprsline, odnosno pukotine, pa čak i lomovi elemenata diska. Zbog toga su u svetu razvijeni postupci i uređaji za detekciju neispravnosti kočnih diskova, tj. uređaji za otkrivanje pregrejanih kočnih diskova još u toku vožnje voza.

Suština detekcije sastoji se u sledećem. Zagrejani (pregrejani) kočni diskovi emituju toplotnu energiju. Specijalni detektori, postavljeni pored šina, "hvataju" infra-crveno zračenje koje dolazi od pregrejanih elemenata. U detektoru se ovi signali "obrađuju", pojačavaju i prosleđuju dalje ka kolosečnoj elektronici koja registruje temperaturu pregrejanog elementa i u realnom vremenu (pomoću računara) alarmira osoblje u nekom upravljačkom centru duž pruge, vizuelno i zvučno, o pregrevanju kočnog diska, koje preduzima dalje korake (zaustavljanje voza u narednoj stanici u cilju pregleda i, po potrebi, otklanjanja defektovane neispravnosti. Na slici 9 prikazana je detekcija pregrejanih kočnih diskova jednog

osovinskog sklopa.



Slika 9. Detekcija pregrejanih kočnih diskova

9. ZAKLJUČAK

Preko 50% putničkih kola JŽ opremljena su disk kočnicama. Najnovija generacija domaćih putničkih kola tipa Z1, takođe su opremljena disk kočnicama. Kočni diskovi i kočni umeci su, uglavnom, još uvek iz uvoza. Glavni isporučilac kočnih diskova za JŽ je svetski poznata firma BSI.

Iako danas JŽ raspolažu solidnom literaturom (udžbenici, uputstva, pravilnici) iz kočne tehnike, ipak se oseća praznina u oblasti održavanja kočnica, a posebno kočnih diskova kao, sa aspekta bezbednosti, veoma odgovornih izvršnih elemenata kočnica.

Cilj ovog rada je, upravo, edukacija svih onih koji se bave održavanjem kočnica, posebno disk kočnica.

10. PRILOG

Tabela 1 Opis radova kod dnevnog pregleda (A) kočnih diskova

| Aktivnost, odnosno uočeno oštećenje kod pregleda | Kriterijum za ocenu kvaliteta i mere za otklanjanje oštećenja |
|--|---|
| Vizuelna kontrola | Utvrđivanje spoljašnjih oštećenja (prouzrokovanih, na primer, udarcima kamena) Prepoznavanje velikih pukotina termičke prirode |
| Funkcionalno ispitivanje | Proba kočnice (spada u kontrolu celokupne kompozicije voza) |

Tabela 2 Opis radova kod mesečnog pregleda (B) kočnih diskova

| Aktivnost, odnosno uočeno oštećenje kod pregleda | Kriterijum za ocenu kvaliteta i mere za otklanjanje oštećenja |
|--|---|
| Pukotine u glavčinana | Nedopustivo, zameniti glavčine |
| Pukotine u području prenosa sile glavčina/frikcioni prsten | Nedopustivo, zameniti kočni disk |
| Pukotine na frikcionim površinama | Vidi slike 6, 7 i 8 |
| Pukotine po celoj dubini | Nedopustivo, zameniti frikcioni prsten |
| Naprsline | Dozvoljene do polovine širine frikcionog prstena ako u sektoru od oko 100mm na obe frikционе površine nema drugih naprsline |
| Površinske pukotine | a) Dozvoljeno do dužine od 70mm bez ograničenja b) Dozvoljeno do dužine od 100mm sa ograničenjem. Ove pukotine su dozvoljene samo ako na naspramnim frikcionim površinama u sektoru od 100mm nema pukotina dužih od 70mm c) Dozvoljeno do dužine od 120mm ako je njeno odstojanje od spoljašnjeg i unutrašnjeg prečnika minimum 10mm i to sa ograničenjem: ove pukotine su dozvoljene samo ako na naspramnim frikcionim površinama u sektoru od 100mm nema pukotina dužih od 70mm |

Tabela 3 Opis radova kod godišnjeg pregleda (C) kočnih diskova

| | |
|---|---|
| Aktivnost, odnosno uočeno oštećenje kod pregleda | Kriterijum za ocenu kvaliteta i mere za otklanjanje oštećenja |
| Oštećenje ili labavost pričvrstnih ili sigurnosnih zavrtnjeva | Nedopustivo. Zameniti zavrtnjeve pazeći na obrtni moment pri pritezanju |
| Labavi frikcionni prstenovi | Nedopustivo. Pregledati i prodrmati frikcionni prsten radi provere čvrstoće sedišta. Ako je sumnjivo, staviti prst na liniju između frikcionog prstena i glavčine i čekićem udarati po prstenu: ako je prsten labav, osetiće se različite vibracije spoja prsten/glavčina |
| Proveriti udubljenja i žlebove na frikcionim površinama | Dopuštene vrednosti: za udubljenje 2mm, a za dubinu žljebova 1mm. Izmeriti udubljenje: postaviti lenjir radijalno na površinu frikcionog prstena i izmeriti najveći žljeb. Na najdubljem mestu udubljenja ili žljeba ne sme biti prekoračena granična eksploataciona mera (tolerancija habanja). Ako su dostignute dopuštene vrednosti, frikcione površine treba da se obrade (dopuštena dubina hrapavosti posle obrade $R_z < 20\mu\text{m}$). Pri ovoj obradi, na frikcionoj površini sme da ostane neobrađena pruga dubine 0,3mm (obrada sa uštedom materijala). U slučaju formiranja žljebova proveriti kočnu oblogu i eventualno je zameniti. |
| Proveriti ljušpanje na frikcionim površinama | Pojedinačno je dopušteno do 1cm^2 a ukupno do 5cm^2 po frikcionoj površini |

Tabela 4 Opis radova kod revizionog pregleda (D) kočnih diskova

| | |
|--|---|
| Aktivnost, odnosno uočeno oštećenje kod pregleda | Kriterijum za ocenu kvaliteta i mere za otklanjanje oštećenja |
| Mere habanja na frikcionim prstenovima | Ne sme se sići ispod granične mere u obradi "W" (B+2mm). Pritom uzeti u obzir udubljenje i žlebove prema narednoj aktivnosti |
| Udubljenje, ispupčenost i žljebovi u frikcionim površinama | Uporediti sa pregledom "C" (tabela 3) |
| Ljušpanje na frikcionim površinama | Nedopustivo, zameniti frikcionni prsten |
| Pukotine u glavčinama | Nedopustivo, zameniti glavčinu |
| Pukotine u područjima prenosa sile spoja glavčina/ frikcionni prsten | Nedopustivo, zameniti kočni disk |
| Pukotine u frikcionim površinama | Definicija pukotina (vidi u narednim aktivnostima koje slede) |
| Površinske pukotine | a) Dozvoljeno do dužine od 5mm, bez ograničenja, b) Dozvoljeno do dužine od 84mm, sa ograničenjem: dozvoljene su samo ako na naspramnoj frikcionoj površini nema pukotine duže od 50mm u sektoru od 100mm, c) Dozvoljeno do dužine od 100mm, ako je rastojanje do spoljašnjeg i unutrašnjeg prečnika minimum 20mm i sa ograničenjem: pukotine su dopuštene samo ako na naspramnoj frikcionoj površini nema pukotine duže od 50mm u sektoru od 100mm |
| Pukotine na rashladnim rebrima | Dopušteno kod maksimalno dva rebra |
| Nedostatak ili razlabavljenost pričvrstnih i sigurnosnih elemenata | Ponovo uspostaviti prvobitno stanje |
| Razlabavljeni frikcionni prstenovi | Pregledati i prodrmati frikcionni prsten radi provere čvrstoće sedišta. Ako je sumnjivo, staviti prst na liniju između frikcionog prstena i glavčine i čekićem udarati po prstenu: ako je prsten labav, osetiće se različite vibracije sklopa prsten/ glavčina. Razlabavljene frikcione prstenove pritegnuti. Ako je potrebno, obnoviti frikcionni prsten i glavčinu. |
| Ispitivanje na koroziju sedišta glavčine diska | Pokušaj raspresavanja najvećom silom. Ako kočni disk može da se pomeri, vratiti ga na mesto |
| Zamena frikcionih prstenova | Poštovati propise o montaži |
| Habanje uške na glavčini (provera mernim čepom) | Moraju se poštovati ispitne mere |
| Zamena glavčine diska | Poštovati propise o montaži |
| Datum ugradnje frikcionog prstena | Pri zameni kočnog diska utisnuti u glavčinu mesec, godinu i skraćeni znak radionice |

LITERATURA :

- [1] Aleksandrov V: Železnička vučena vozila. ŽELNID, Beograd, (2000).
- [2] Aleksandrov V: Održavanje železničkih vozila. ŽELNID, Beograd, (2000).
- [3] Aleksandrov V: "Sistemi i uređaji za detekciju neispravnosti železničkih vozila u toku vožnje", Železnice. 11-12, (1998).
- [4] Grupa autora: Putnička kola Z1 - Kočna oprema (Uputstvo za rukovanje i održavanje). ŽTP "Beograd, Beograd, (2000).
- [5] Prospekti firme BSI.

**"BSI" BRAKING DISCS MAINTENANCE
ON TYPE Z1 PASSENGER CARS**

Vladimir Aleksandrov

Abstract - This paper is dedicated to maintenance "BSI" braking discs maintenance on type Z1 passenger cars, which are designed for 200km/h. In this paper are given types, maintenance cycles and periods between braking discs overhauls and is also given work description of particular overhaul samples.

Key words – railway, railway cars, brakes, disc brakes, braking discs, maintenance.

GENETSKI ALGORITAM U ODRŽAVANJU ŠINSKIH VOZILA

Milovan M. Ilić¹

Abstrakt: Genetski algoritam je metaheuristički optimizacijski postupak koji bazira na mehanizmu prirodne selekcije i genetike. Ovaj metod je savremen, moćan, opšti alat za rešavanje čitavog niza kompleksnih problema iz inženjerske prakse; to su, pre svega problemi, koji ne mogu biti rešeni na tradicionalan način, za koje ne znamo brzi, polinomijalni algoritam, tj. problemi koji nisu rešivi u polinomijalnom vremenu. Ovo se može objasniti jednostavnošću osnovne ideje, primenljivošću i robusnošću pristupa, kao i doprinosu niza autora na povećanju njegove efikasnosti.

U radu su prikazane osnove genetskih algoritama i neki aspekti njihove aplikacije u održavanju procesa iz inženjerske prakse.

Ključne reči: genetski algoritmi, NP-kompletni problemi, održavanje šinskih vozila, optimizacija, veštačka inteligencija.

1. Uvod

Porast složenosti inženjerskih zadataka, nedovoljna efikasnosti tradicionalnih tehnika rešavanja (npr. u slučaju veoma prisutnih optimizacijskih zadataka) i zadivljujući razvoj računarske tehnike, pojačao je interesovanje za alternativne pristupe i alate. Savremeni pristup rešavanja ovakvih problema bazira, pre svega, na informacijama i znanju, i većem korišćenju alata iz oblasti veštačke inteligencije.

Inženjer se, u svojoj praksi, suočava sa dva tipa problema, odnosno sistema:

- dobro strukturirani problemi (*model based sistemi*) i
- loše strukturirani problemi.

U prvom slučaju je jednostavno napraviti matematički model i primeniti ga. U drugom slučaju je, zbog složenosti problema, matematički model teško ili neefikasno napraviti. Za rešavanje problema za koje ne postoji dobar matematički opis, algoritamska, potpuno definisana teorijska rešenja, tj. koje nije moguće efikasno rešiti konvencionalnim računarskim sistemima, koriste se sistemi veštačke inteligencije. Većina tehničkih sistema su loše strukturirani sistemi, tj. ne postoji dovoljno precizan model sistema.

Drugi važan aspekt problema vezan je za informacije, na osnovu kojih se donose odluke, koje su u velikoj meri nesavršene, tj. neodređene i/ili rasplintute. *Neodređenost* i *rasplintutost* se mogu tretirati i kao nepotpunost, mana informacija, ali su svakako realna karakteristika mnogih informacija. Rasplintutost se odnosi na sadržaj

informacije, koje imaju nejasne, neprecizne granice, a neodređenost na njenu istinitost.

Postoji, takođe, veliki broj praktičnih problema, odnosno algoritamskih modela čije vreme rada nije ograničeno polinomijalnom funkcijom dimenzije problema n već funkcijom oblika c^n , ($c > 1$), tj. eksponencijalni, "loši" algoritmi, koji za dovoljno veliko n ne mogu da se izvrše za razumno vreme. Dakle, za rešavanje problema sa beskonačnim ili previše velikim skupom mogućih vrednosti argumenata, za koje ne znamo brzi (polinomijalni) algoritam, tj. za rešavanje problema koji nisu rešivi u polinomijalnom vremenu (npr. NP-kompletni problemi - *Nondeterministic Polynomial complete problems*) primenjujemo alate iz oblasti veštačke inteligencije.

U daljem tekstu je dat sinopsis veštačke inteligencije (*artificial intelligence*) i mesto genetskih algoritama (*genetic algorithms*, GA), koji su predmet ovog rada. Jedan od pristupa veštačkoj inteligenciji je da je to *naučna oblast koja pokušava da objasni i simulira inteligentno ponašanje korišćenjem računarskih procesa*.

Glavni ciljevi veštačke inteligencije su:

- ✓ učiniti računare korisnijim, tj. *obogatiti računare elementima inteligencije kako bi mogli da se primene u rešavanju kompleksnih zadataka koje u ovom momentu ljudi rešavaju bolje;*
- ✓ olakšati razumevanje principa inteligencije, tj. *računarske modele primeniti za simuliranje i istraživanje principa na kojima se zasniva inteligencija;*

¹ mr Milovan M. Ilić, dipl. maš. inž., šef odeljenja za IS i marketing MIN Holding Co. AD "Lokomotiva", Šumadijska 1, 18000 Niš, e-mail: lokomotiva@bankerinter.net

- ✓ Omogućiti prisniju, humaniju vezu između čoveka i računarskog sistema, *ovo je pre svega odlika fazi tehnologija i mekog računarstva (soft computing).*

Glavne oblasti veštačke inteligencije su sistemi bazirani na znanju (npr. ekspertni sistemi), neuronske mreže, fazi sistemi, evolucijski algoritmi i hibridni inteligentni sistemi, koji se dobijaju njihovom integracijom [14], [15], [16], [17]. Verovatno je budućnost inteligentnih tehnologija u razvoju hibridnih inteligentnih sistema, slika 1.

2. Osnove GA

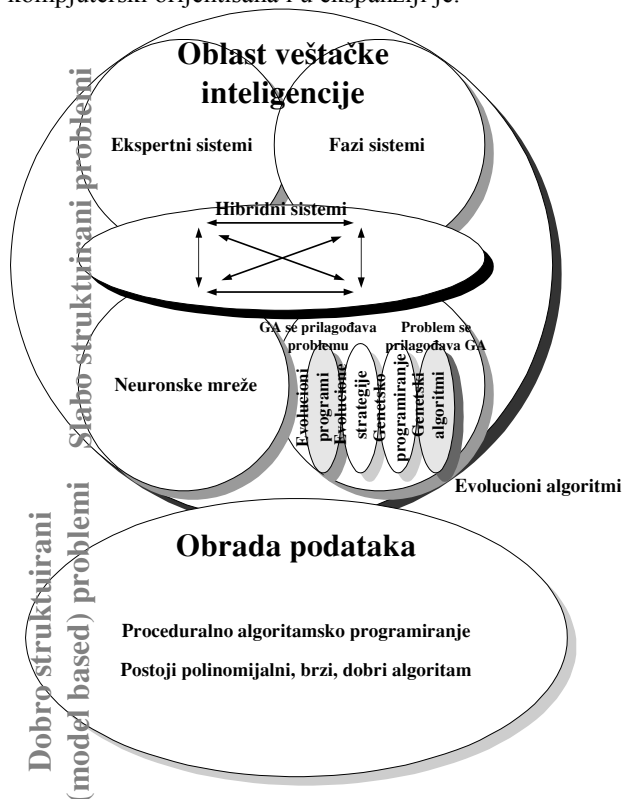
Genetski algoritam

- rade sa skupom kodiranih parametara
- pretražuju kroz populaciju tačaka, paralelno
- koriste stvarnu informaciju: ciljna f-ja
- koriste probablistička tranziciona pravila

Tradicionalni optimizacioni algoritam

- rade sa samim parametrima
- pretražuju kroz jednu tačku
- koriste pomoćno znanje: izvodi, gradijenti itd.
- koriste deterministička tranziciona pravila

Postupak genetskih algoritama bazira na mehanizmu prirodne selekcije i na genetskim operatorima. Po načinu delovanja pripada metodama usmerenog slučajnog pretraživanja prostora rešenja (*guided random search tehniljues; random search + directed search*); metoda je kompjuterski orijentisana i u ekspanziji je.



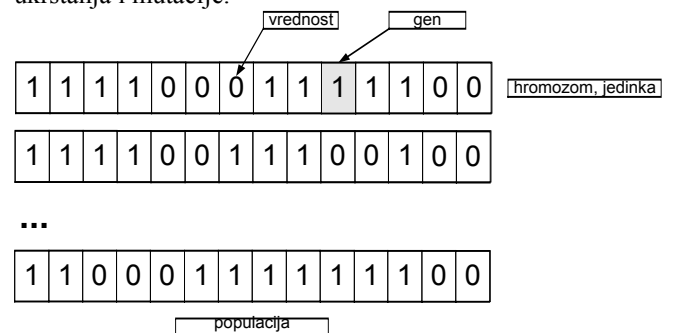
Sl. 1: Vrste modela procesa i pristupi

Individue ili *hormozomi* predstavljaju kodirana potencijalna rešenja problema (npr. matematička funkcija, termin plan realizacije nekih proizvodnih i/ili drugih procesa, tj. raspored ili put itd.), slika 2. Svaka individua je opisana jedinstvenom, proizvoljnom strukturom podataka. Varijante prikaza hromozoma i klasifikacija

Genetski algoritam je metaheuristički optimizacioni postupak koji imitira prirodni evolucijski proces, a predložio ga je, sedamdesetih godina prošlog veka John H. Holland [11]. Pokazao se, posebno poslednjih nekoliko godina, kao moćan i opšti alat za rešavanje čitavog niza (optimizacionih) problema iz inženjerske prakse. Genetski algoritam je najpoznatija varijanta evolucionih algoritama i/ili srodnih heurističkih optimizacionih pristupa (simulirano kaljenje (*simulated annealing*), tabu pretraživanje (*tabu search*), metoda uspona uz gradijent funkcije cilja (*hillclimbing*) itd.).

Karakteristike i komparacija genetskog algoritama sa drugim optimizacionim procedurama:

kodiranja prikazana je na slici 3. Izbor šeme reprezentacije hromozoma zavisi, pre svega, od prirode problema koji se rešava, a znatno utiče na operatore ukrštanja i mutacije.



Sl. 2: Osnovni pojmovi GA

Na slici 4 prikazan je mehanizam rada GA.

Generisanje inicijalne populacije se najčešće vrši slučajnim izborom rešenja.

Svakoj individui se dodeljuje odgovarajuća mera kvaliteta, a funkcija koja određuje kvalitet naziva se funkcija cilja (*fitness funkcija, evaluation funkcija*), funkcija sposobnosti, podobnosti, prilagođenosti ili dobrote. Funkcija cilja, ili funkcija ocene kvaliteta individue, predstavlja problem koji se rešava i osnov je mehanizama selekcije nad populacijom rešenja, a imitira okolinu i prirodne uslove procesa evolucije.

Svrha selekcije (*selection*) je čuvanje i prenošenje dobrih svojstava, tj. dobrog genetskog materijala na sledeću generaciju individua. Selekcijom se biraju dobro prilagođene individue koje će učestvovati u reprodukciji, a loše odumiru. Genetski algoritmi, prema vrsti selekcije, mogu biti:

- *generacijski* - nova populacija se formira iz elemenata stare tako da u jednom koraku postoje dve populacije individua, slika 5. Karakteristične vrste selekcija su jednostavna (*roulette wheel selection*) i turnirska selekcija (*tournament selection*, gde se u generacijskoj selekciji bolja

individua kopira u sljedeću populaciju, a u eliminacijskoj loša individua se eliminiše iz populacije) i

- *eliminacijski (GA with steady-state reproduction)* - za sledeću populaciju ne biraju se dobro prilagođene individue, već loše prilagođene koje se eliminišu, umiru i zamenjuju novim, potomcima nastalim reprodukcijom preživelih roditelja. Karakteristična vrsta selekcija je eliminacijska selekcija.

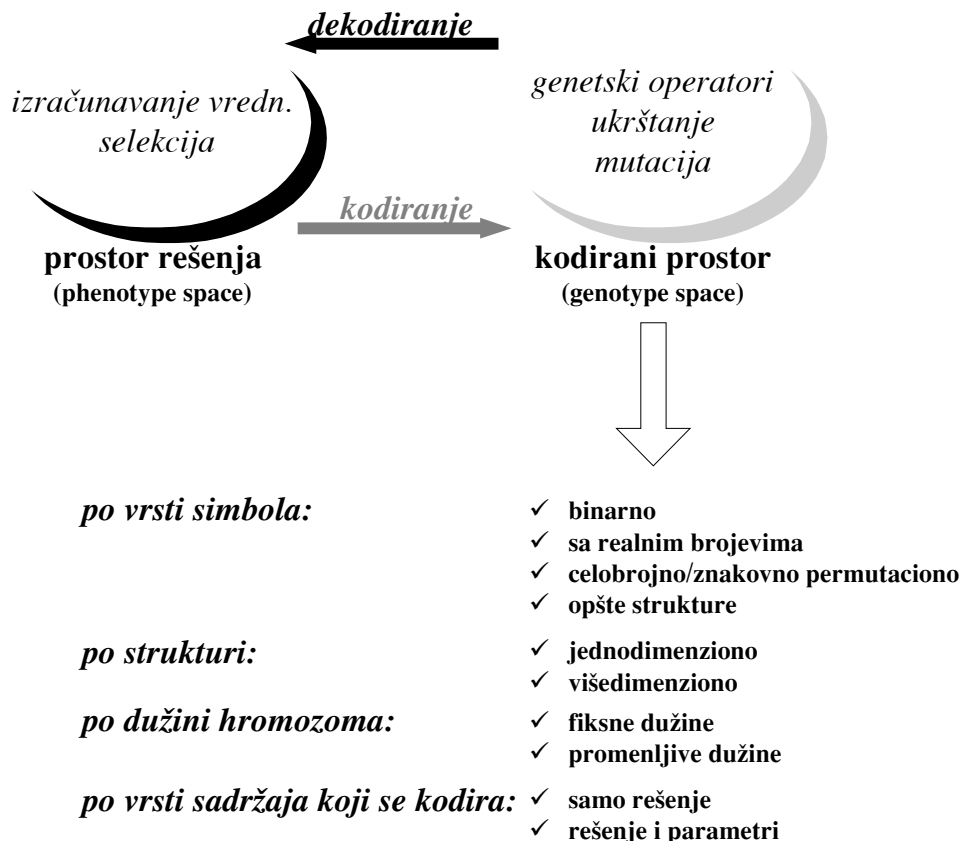
Selekcija pomoću točka ruleta je najprostija metoda izbora najboljih jedinki. Metoda može da se predstavi točkom ruleta na kome su raspoređene sve jedinke populacije tako da svaka zauzima mesto srazmerno svojoj funkciji podobnosti, slika 6. Jedinka se bira bačenom kuglicom, time se omogućava da jedinka sa većom podobnošću bude selektovana više puta.

Zbog opasnosti da se dobro rešenje dobiveno evolucijskim iteracijama izgubi, predložen je mehanizam zaštite najbolje individue od izmene ili eliminacije u toku procesa evolucije. Ovaj mehanizam se naziva *elitizam* i inherentno je ugrađen u eliminacijsku selekciju.

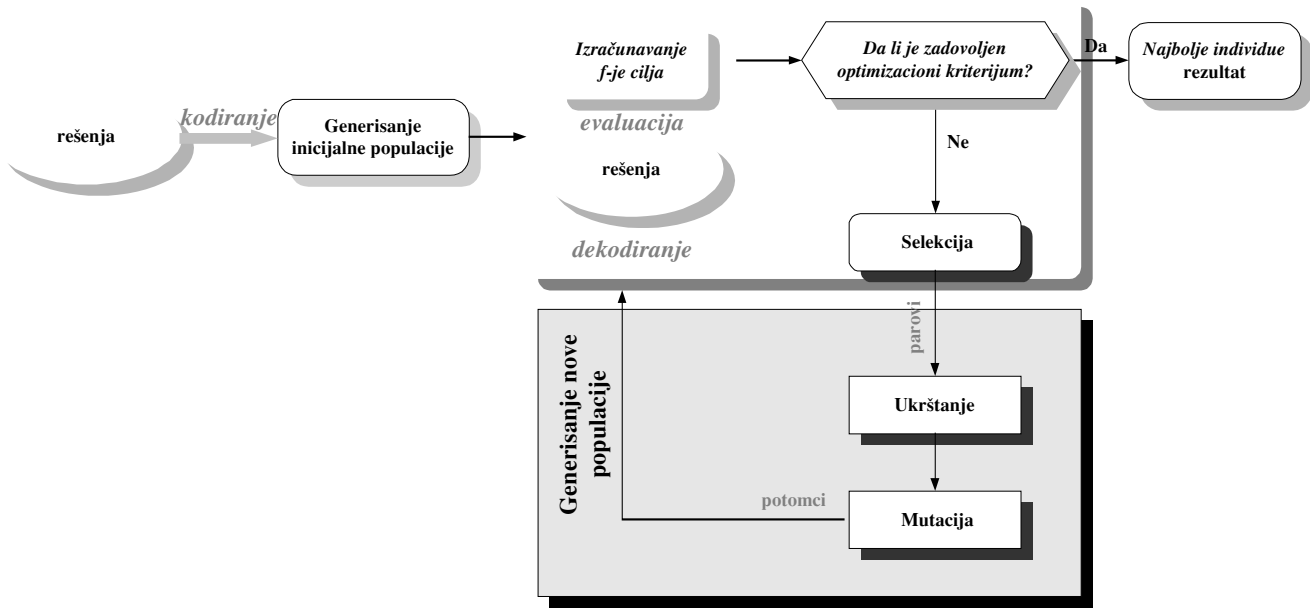
Holland je u svom radu predložio *prost, klasičan* genetski algoritam, koji koristi binarni prikaz, jednostavnu selekciju, ukrštanje sa jednom tačkom prekida

i jednostavnu mutaciju. Radi povećanja efikasnosti funkcionisanja GA (eliminacije pojave preuranjene ili spore konvergencije i gubljenja genetskog materijala, povećanje verovatnoće postizanja dobrih i kvalitetnih rešenja, skraćenje trajanja izvršenja), koriste se brojne modifikacije u odnosu na prosti GA, primenom složenijih operatora, načina kodiranja i izbora funkcije prilagođenosti, politikom zamene generacija, promenom parametara GA, implementacijom paralelnih GA itd. i razvijaju se varijante GA kao npr.:

- *Prilagodljivi genetski algoritami (AGA - Adaptive Genetic Algorithm)* - rade u okruženju generacijskog genetskog algoritma. Na osnovu stepena konvergencije genetskog algoritma (razlika podobnosti najboljeg člana populacije i prosečne podobnosti), menjaju verovatnoću ukrštanja i mutacije, sa ciljem da se one povećavaju kada GA konvergira ka lokalnom optimumu i obratno. Međutim, povećane verovatnoće ukrštanja i mutacije mogu pokvariti rešenja bliska optimumu, zato se dobra rešenja, nižom verovatnoćom ukrštanja i mutacije, zaštićuju, a na loše jedinke (koje obezbeđuju zaštitu od zaglavljivanja na lokalnom optimumu) se primenjuju više verovatnoće ukrštanja i mutacije.



Sl. 3: Dva različita pogleda na jedinku (genotype/phenotype)



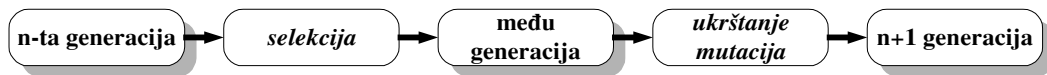
Sl. 4: Mehanizam rada GA

– *Paralelni genetski algoritmi* (PGA) - ideja paralelizacije genetskih algoritama (koji kopiraju prirodni evolucionjski proces) nalazi se u činjenici da se evolucija u prirodi realizuje paralelno. Koriste se za rešavanje težih optimizacionjskih problema, koji zahtevaju velike populacije i/ili hromozome velikih dužina i duži postupak optimiziranja. Osnovna motivacija paralelizacije genetskih algoritama je ubrzanje koje se postiže izvođenjem na višeprosorskim računarima ili na više umreženih računara. Osnovna ideja paralelizacije je raščlanjivanje sekvencijskog (serijskog, cikličnog) programa na nezavisne subprocese koji se mogu izvršavati paralelno. Na osnovu toga šta će se obavljati paralelno postoje dva pristupa paralelizacije genetskih algoritama: *standardni pristup* (jednopolulacijski model, paralelizuje se evaluacija tj. izračunavanje vrednosti funkcije cilja) i *dekompozicioni pristup* (multipopulacijski model,

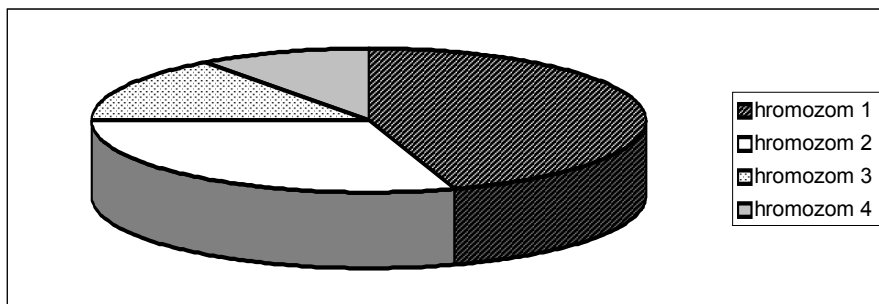
populacija se deli na manje delove - subpopulacije a genetski algoritam izvršava nad subpopulacijama).

Pored selekcije, reprodukcija je druga važna karakteristika genetskog algoritma. Reprodukcija je razmnožavanje, individua, koje su preživele proces selekcije, pomoću genetskog operatora ukrštanja (*crossover*), pri čemu dolazi do slučajnih promena nekih gena ili mutacije.

Operator *ukrštanja* je primarni operator u genetskim algoritmima, on kombinuje dve individue, koje se nazivaju *roditelji*, od kojih nastaje jedna ili dve nove individue (*deca, potomci*) čiji je genetski opis kombinacija genetskog materijala roditelja, tj. deca nasleđuju svojstva svojih roditelja, a pretpostavlja se da će ako su roditelji dobri (preživeli proces selekcije) i potomci biti dobri ili bolji od svojih roditelja. Operator ukrštanja je binarni operator jer vrši rekombinaciju gena (karakteristika, karaktera ili detektora) hromozoma dva roditelja. Posledica selekcije i ukrštanja je ukupno poboljšanje čitave populacije u svakoj generaciji.



Slika 5: Prikaz postupnosti odvijanja genetskih operacija generacijskog GA



Slika 6: Prosta selekcija pomoću točka ruleta

Ukrštanje može biti definisano na različite načine:

- Ukrštanje sa jednom tačkom prekida, slika 7.
- Ukrštanje sa dve ili više tačaka prekida.
- Jednoliko (uniformno) ukrštanje je ukrštanje sa l - l prekidnih tačaka (l je broj bitova) sa jednakom verovatnoćom nasleđivanja svojstava za oba roditelja ili se, u varijanti *p-uniformnog* ukrštanja, verovatnoće razlikuju za pojedine gene.

Hromozom roditelja1: 1011100101110110
 Hromozom roditelja2: 1001111001110110
 Hromozom potomka 1: 1011111001110110
 Hromozom potomka 2: 1001100101110110

Slika 7: Primer najprostijeg načina ukrštanja sa jednom tačkom prekida

Operator mutacije je sekundarni operator genetskih algoritama, dok u evolucionom programiranju i evolucionim strategijama ima primarni karakter. Ovaj operator predstavlja slučajnu promenu jednog ili više gena, čiji je rezultat izmenjena jedinka. Mutacija je unarni operator jer deluje nad jednom individuum.

Mutacija je mehanizam čija je uloga:

- izbegavanje lokalnih minimuma i
- obnavljanje izgubljenog genetskog materijala.

Najprostija varijanta je jednostavna mutacija, koja predstavlja slučajnu promenu jednog gena hromozoma. Ako verovatnoća mutacije teži jedinici, tada algoritam prelazi u algoritam slučajnog pretraživanja prostora rešenja.

Kriterijum zaustavljanja rada GA može biti npr. :

- broj generacija,
- dostignuta zadata vrednost f -je cilja,
- zadati broj članova koji moraju dostignuti neku određenu vrednost
- broj generacija u kojima se ne postiže nikakvo poboljšanje
- vremensko ograničenje itd.

Najbolji član trenutne populacije, po dostizanju odabranog kriterijuma zaustavljanja, predstavlja rešenje

Primarni parametri genetskih algoritama su:

- veličina (broj hromozoma) populacije, generacije,
- broj generacija,
- verovatnoća mutacije i
- verovatnoća ukrštanja (za generacijski GA) ili broj jedinki za eliminaciju (za eliminacijski GA)

Navedeni parametri imaju odlučujući uticaj na efikasnost funkcionisanja genetskih algoritama.

3. Primena GA u praksi

Genetski algoritmi daju dobre rezultate u mnogim oblastima istraživanja i u rešavanju različitih praktičnih optimizacionih problema. Uspešno se primjenju npr. u oblasti mašinskog učenja (jedna od prvih aplikacija u

oblasti optimizacije projektovanja gasovoda i distribucije gasa [3], [4], pronalaženja pravila za izbegavanje i navođenje raketa, formiranja softverskog kontrolera za autonomno vozilo [12]), za poboljšanje fazi sistema i neuronskih mreža [6], [7], pri traženju najkraćeg puta, problemu trgovačkog putnika, problemu raspoređivanja poslova, problemu vremenskog rasporeda (npr. rasporeda predavanja u školama [9]), multi ciljne optimizacije, problemu određivanja parametara sistema, optimiziranja upita nad bazom podataka, prepoznavanja i optimizacije oblika, kao alat za podršku CAPP sistema tj. projektovanja tehnologije pomoću računara [8] itd.

Posebno je važna primena genetskih algoritama u rešavanju problema sa ograničenjima. Ovo su praktično relevantni problemi jer su u velikom broju praktičnih problema implementirana ograničenja. Ovakvi problemi obično pripadaju oblasti teško rešivih problema, pa su i teoretski izazov. Naime, operatori pretraživanja ukrštanje i mutacija su *slepi* za ograničenja, tj. nema garancije da će ako roditelji zadovoljavaju neka ograničenja i deca zadovoljavati ta ograničenja. Ovo sugerise da prisustvo ograničenja u problemu čini genetske algoritme suštinski nepodesne za rešavanje ovakvih problema. Međutim, postoje više uspešnih načina rešavanja ove klase problema, pri čemu ograničenja mogu biti tretirana indirektno ili direktno. Jedan zadatak iz ove oblasti od velikog praktičnog značaja je podrška procesa planiranja i generisanje optimalnog ili blizu optimalnog termin plana za veće projekte, posebno za proizvodne procese, čija je osnova u modifikaciji i/ili zauzimanju raspoloživih resursa. Bazni elementi ovog zadatka su: aktivnosti (operacije), poslovi, resursi i ciljevi, a osnovni zadatak je zauzimanje, korišćenje potrebnih i raspoloživih resursa aktivnostima, koje su određene tako da se poslovi mogu realizovati, a ciljevi u velikoj meri ostvariti [1], [18], [20], [21], [22].

4. Zaključak

Savremenu praksu i teoriju održavanja i proizvodnih sistema uopšte karakterišu: rastuća složenost poslovanja uopšte, naglašena međuzavisnost svih pojava i eksponencijalni rast primene znanja bez presedana u istoriji čovečanstva. Rešavanje brojnih, sve kompleksnijih problema tehnološko-ekonomskog razvoja u mnogome zavisi od alata koji se koriste. Dakle, opstanak *klasičnog* održavanja složenih tehničkih sredstava kakva su šinska vučna vozila nije više moguć. Sistem održavanja složenih tehničkih sredstava mora sve više da integriše savremene alate i tako stvara potrebne uslove za generisanje kvaliteta u održavanju. Jednu klasu ovakvih alata čine genetski algoritmi.

Mada genetski algoritmi nisu univerzalni ključ rešavanja *teških* optimizacionih problema i pored njihovih nedostataka npr. česta potreba prilagođavanja problema genetskom algoritmu, veliki uticaj parametara, sporost procesa, ne garantuju da rešenje predstavlja globalni ili neki lokalni optimum i/ili da je određeno sa odgovarajućom preciznošću, uspešno se primenjuju za rešavanje optimizacionih problema sa velikim prostorom rešenja. Prednosti primene genetskih algoritama su npr. u tome što je to opšti metod za rešavanje optimizacionih problema, jednostavni su za implementaciju, postoje

brojne mogućnosti povećavanja efikasnosti a razvoj i primena genetskih algoritama je u ekspanziji.

5. Literatura

- [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/~cgusz/papers/CSP-EC-Eiben.ps>
- [2] C. Congdon: "A comparison of genetic algorithms and other machine learning systems on a complex classification task from common disease research", PhD thesis, University of Michigan, 1995.
- [3] D. Goldberg: "Genetic Algorithms in and rule learning in dynamic system control", *Proc. Int. Conf. on Genetic Algorithms and their Applications*, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 1985.
- [4] D. Goldberg: "Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning", Addison-Wesley, 1989.
- [5] D. Whitley: "A Genetic Algorithm Tutorial", Computer Science Department, Colorado State University, Technical Report SC-93-103, 1993.
- [6] 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.
- [7] F. Herrera, M. Lozano: "Fuzzy Genetic Algorithms: Issues and Models", TIC Report DECSAI-98116, Dept. of Computer Science and AI, University of Granada, 1998.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] H-L. Fang: "Genetic Algorithms in Timetabling and Scheduling", PhD thesis, Department of Artificial Intelligence University of Edinburgh, 1994.
- [11] J. Holland: "Adaptation In Natural and Artificial Systems", University of Michigan Press, 1975.
- [12] L. Davis: "Handbook of Genetic Algorithms", Van Nostrand Reinhold, New York, 1991.
- [13] M. Ilić, D. Temeljovski, P. Milosavljević, B. Jovanović "Analysis of vital subsystems of technical system maintenance", JOAP international condition monitoring conference, Mobile, Alabama, 1998.
- [14] M. Ilić: "Ekspertni sistemi u održavanju šinskih vozila", YUMO, zbornik radova, 513-518, Kragujevac, 1998.
- [15] M. Ilić: "Neke mogućnosti primene alata za inteligentno pretraživanje baza podataka u održavanju vučnih šinskih vozila", JUŽEL, 6th international scientific conference of railway experts, 315-318, Vrnjačka Banja, 1999.
- [16] M. Ilić: "Prikaz alata za inteligentno filtriranje baza podataka sa primenom u održavanju vučnih šinskih vozila", IX naučno-stručni simpozijum "Tehnika železničkih vozila 2000", zbornik radova, 195-200, Niš, 2000.
- [17] M. Ilić: "Simulacioni alat za neuronske mreže BPN++ u održavanju vučnih šinskih vozila", JUŽEL, 6th international scientific conference of railway experts, 211-215, Vrnjačka Banja, 1999.
- [18] M. Jensen: "Robust and Flexible Scheduling with Evolutionary Computation", PhD thesis, Department of Computer Science, University of Aarhus, Denmark, 2001.
- [19] M. Mitchell, C. Taylor: "Evolutionary Computation: An Overview", *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1999, 20:593-616.
- [20] M. Wall: "A Genetic Algorithm for Resource-Constrained Scheduling", PhD thesis, Department of Mechanical Engineering at the Massachusetts Institute of Technology, 1996.
- [21] P. Husbands: "Genetic Algorithms for Sheduling", <http://www.cogs.susx.ac.uk/projects/game/papers/aisb.ecsi.ps>
- [22] S. Hartmann: "A Competitive Genetic Algorithm for Resource-Constrained Project Scheduling", *Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre*, No. 451, Universitu of Kiel, Germany, 1997.
- [23] T. Jones, S. Forrest: "Genetic Algorithm and Heuristic Search", *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Santa Fe Institute, Santa Fe, 1995.
- [24] Z. Michalewicz: "Genetic Algorithms + Data Structures = Evolutionary Programs", Springer-Verlag, AI Series, 1992, New York.

GENETIC ALGORITHMS IN OVERHAUL OF TRACTIVE RAILWAY VEHICLES

Milovan M. Ilić

Abstract: Genetic algorithms is meta-heuristic optimization process which based on mechanism of natural selection and genetics. This method is new, powerful, general approach for solution great deal of complex tasks from engineering practice; these are, first of all, problems that cant be solved on traditional way, i.e. problems which we don't know fast, polynomial algorithm, i.e. problems that cant be solved in polynomial time. This can be explained by simplicity of basic idea, approach aplicatibility, as well as contribution many authors on improvement genetic algorithms efficiency. In this papers it is presented a basics of genetic algorithms and some aspects of theirs applications in supporting tasks from engineering practice.

Key words: genetic algorithms, NP- Nondeterministic Polynomial complete problems, overhaul of tractive railway vehicles, optimization, artificial intelligence

ODRŽAVANJE SPECIJALNIH PLATO-KOLA SERIJE SMMPS-TZ

Dragutin Jovanović¹

Rezime: U radu se razmatraju vrste, ciklusi, rokovi održavanja, opis i obim radova kod održavanja plato-kola specijalne namene serije SmmPs-tz u uslovima njihove upotrebe za potrebe odbrane zemlje, sa posebnim osvrtom na eksploataciju kola ove serije u napred navedenim uslovima.

Ključne reči: železnica, železnička kola, plato-kola, eksploatacija, održavanje.

1. UVOD

Masovna železnička usluga se predviđa u toku izvršenja mobilizacije i u toku kasnijeg prevoženja za potrebe snaga odbrane. Na povećani značaj železnice u sistemu logističke podrške snaga odbrane utiče i činjenica da je železnica okosnica sistema kopnenog saobraćaja i da, shodno svojim tehničko – tehnološkim karakteristikama, ima sposobnost obavljanja masovnih prevoženja. Posebno se to odnosi na prevoženje predimenzionisanih tereta po gabaritu i po masi. Time železnica obezbeđuje zapaženo mesto u logističkoj podršci snaga odbrane.

Za potrebe odbrane izuzetno su značajna prevoženja guseničnih i drugih teških i borbenih vozila železnicom, time se skraćuje vreme njihovog prevoženja do odredišta, čuvaju njihovi resursi i štite putne komunikacije od oštećenja. Takva sredstva prevoze se specijalnim plato – kolima čiji broj je ograničen u voznom parku JŽ. Sama ta činjenica upućuje na potrebu njihovog kvalitetnog održavanja. U tom cilju u radu se i razmatra pitanje njihove eksploatacije i održavanja.

2. MESTO ŽELEZNICE U LOGISTIČKOJ PODRŠCI SNAGA ODBRANE I ZNAČAJ PLATO - KOLA

U okviru nacionalne logistike se za potrebe logističke podrške snaga odbrane, između ostalog, obezbeđuju i transportni kapaciteti za manevar materijalnim rezervama, realizuju raznovrsna prevoženja i druge saobraćajno – transportne usluge, a to se sve realizuje u saobraćajnom sistemu.

Jedna od izuzetno značajnih logističkih funkcija je funkcija saobraćaja i transporta u okviru koje se, pored ostalih, izdvaja železnički saobraćaj i transport. Iskustva iz proteklih ratova, naročito iz II svetskog rata, govore o obavljanju masovnih prevoženja jedinica, materijalnih sredstava i industrijskih dobara železnicom. To se pre svega odnosi na Francusku, Nemačku i Rusiju. Posebno su dragocena iskustva iz Kurske bitke.

Postojeće stanje železnice direktno utiče na

mogućnosti njenog funkcionisanja u uslovima odbrane i drugim oblicima vanrednih uslova. Ono se iz godine u godinu pogoršava, što je posledica ekonomskog stanja zemlje i nedovoljnih ulaganja u modernizaciju, investiciono i tekuće održavanje železnice.

Sa stanovišta sistema odbrane posebno značajna železnička usluga je u domenu prevoženja teških borbenih vozila, inženjerskih mašina i raznih borbenih sistema kao predimenzionisanih tereta. Takvi tereti uglavnom se prevoze specijalnim plato – kolima. Kod pojedinačnih i po obimu manjih prevoženja ne pojavljuju se veće poteškoće po pitanju obezbeđenja dovoljnog broja plato – kola.

Problemi mogu nastati kada se ukaže potreba za masovnijim prevoženjima navedenih sredstava jer je broj ispravnih plato – kola jako ograničen. Visok stepen njihove imobilizacije, pored starosti, uslovljen je sledećim razlozima:

- nedostatak rezervnih delova,
- nedostatak sredstava za nabavku novih, remont i održavanje postojećih kola,
- neopremljenost kapaciteta za remont kola,
- izostanak agregatne zamene sklopova,
- neadekvatni kapaciteti tekućeg održavanja, i sl.

Svesni činjenice da u narednom periodu neće doći do radikalnijih pomaka u uvećanju kolskog parka plato – kola, mora se pitanju njihove pravilne eksploatacije i kvalitetnijeg održavanja posvetiti što veća pažnja.

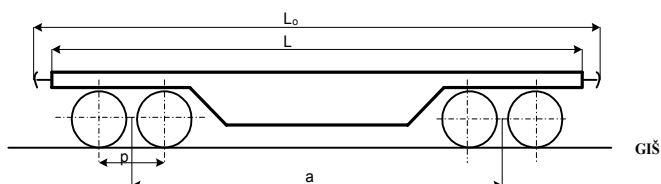
3. VRSTE, CIKLUSI I ROKOVI ODRŽAVANJA PLATO – KOLA SERIJE SMMPS – TZ

Oznake plato – kola serija SmmPs – tz imaju sledeće značenje:

- S - plato – kola specijalnog tipa,
- mm - dužina kola ispod 15 m,
- p - kola bez visokih stranica,
- s - kola sposobna za brzine do 100 km/h,
- t - kola za prevoz teških pošiljaka,
- z - kola sa ručnom (pritvrdom) kočnicom.

[ematski prikaz kola ove serije prikazan je na slici 1., a tehničke karakteristike - u tabeli 1.

¹dr Dragutin Jovanović, dipl. inž. , prof. , VA – Odsek Logistike, Beograd



Slika 1. Šematski prikaz plato – kola serije S

Tabela 1. Tehničke karakteristike plato – kola serije Smmps – tz (472)

| Redni broj | Naziv | Jed. mera | Serijska kola Smmps - tz | |
|------------|---------------------------------|----------------|--------------------------|-------|
| 1. | Broj osovina | kom. | 4 | |
| 2. | Razmak stožera obrtnih postolja | m | 7,20 | |
| 3. | Razmak krajnjih osovina | m | 9,00 | |
| 4. | Dužina preko odbojnika | m | 12,24 | |
| 5. | Korisna dužina poda | m | 10,80 | |
| 6. | Korisna širina poda | m | 3,15 | |
| 7. | Korisna površina poda | m ² | 34,00 | |
| 8. | Sopstvena masa | t | 20,30 – 21,10 | |
| 9. | Granica tovarjenja | | | |
| | - obični teretni režim | A | t | 38,00 |
| | | B | t | 40,50 |
| | | C | t | 59,50 |
| | S “ | - režim “ A | t | 38,00 |
| BC | | t | 40,50 | |
| | - režim “ SS “ ABC | t | - | |
| 10. | Režim razmene | | NE | |

Kao i sva ostala teretna kola, uvršćena u vozni park JŽ, plato – kola serije S podležu sledećim vrstama održavanja: redovnom i vanrednom.

Redovno održavanje deli se na: stalni nadzor, vanredne preglede, redovne opravke.

Stalni nadzor plato – kola u eksploataciji obavlja se prilikom pregleda kola i to: pre utovara kola, posle utovara kola, posle istovara kola, pre dodavanja kola vozu. Pored navedenih vrsta pregleda pojedinačnih kola obavlja se i pregled kola u vozovima i to: pri otpravljanju (odlasku) voza, pri prolazu voza, pri prispeću (dolasku) voza.

Kola serije Smmps imaju samo veliku (VO) redovnu opravku sa rokom redovne opravke od 60 meseci (5 godina). Kola nemaju kontrolne preglede.

Tabela 2. Opis radova kod VO plato – kola serije Smmps – tz

| Redni broj | Naziv radova | Potrebna norma - časova |
|------------|---|-------------------------|
| 1. | 2. | 3. |
| A. | DONJI POSTROJ I OBRTNO POSTOLJE | 38 |
| 1. | Izrezati obrtna postolja a zatim izrezati osovinske sklopove iz obrtnih postolja | |
| 2. | Sve očistiti, pregledati, premeriti (uz popunjavanje merne liste), popraviti i obojiti | |
| 3. | Neispravne plastične umetke obrtne šolje zameniti | |
| 4. | Pregledati uzemljenje i po potrebi zameniti | 14 |
| B. | OSOVINSKI SKLOP | |
| 1. | Očistiti osovine i proveriti ultrazvukom | |
| 2. | Proveriti mere osovine | |
| 3. | Proveriti ispravnost položaja točka na osovini | |
| 4. | Proveriti mere profila točka, po potrebi izvršiti reprofilisiranje | 18 |
| 5. | Izvršiti merenje električnog otpora | |
| C. | OSOVINSKA LEŽIŠTA | 18 |
| 1. | Skinuti kućišta ležišta, očistiti ih od stare masti, pregledati ispravnost ležišta, zaptivnih prstenova, lavirinskih prstenova, podmazati i montirati | |
| D. | OGIBLJENJE | 2 |

Vanredne opravke mogu biti malog obima (tekuće opravke) i vanredne opravke većeg obima. U vanredno održavanje spada i pranje, čišćenje dezinfekcija kola, a obavlja se prema ukazanoj potrebi.

4. OPIS RADOVA KOD VELIKE REDOVNE OPRAVKE - VO

Zbog specijalne namene i zahtevane pouzdanosti kola serije Smmps u eksploataciji, njihovom održavanju se mora poveriti nužna i dužna pažnja posebno kod izvođenja radova u velikoj redovnoj opravci (VO). Opis radova kod velike opravke ovih kola, po konstrukcionim grupama, sa potrebnim normama - časovima prikazan je u tabeli 2.

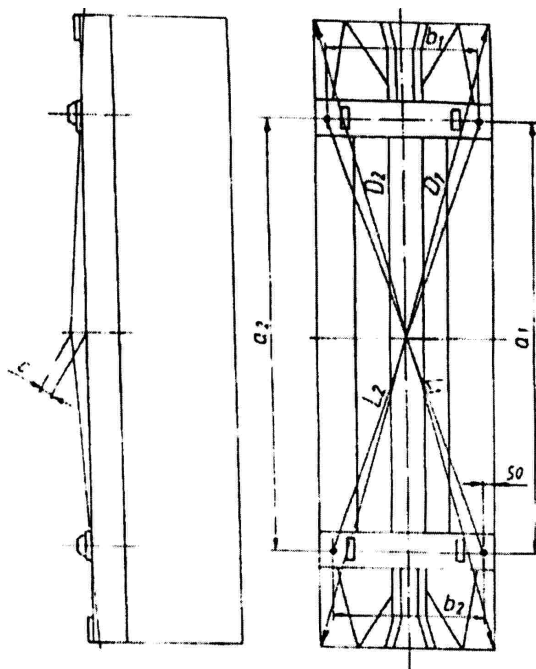
| | | |
|-----|--|-------|
| 1. | Skinuti lisnate opruge i proveriti ispravnost listova, njihovog položaja, opasača i čepa na njemu, ušica glavnih listova gibnjeva. Po potrebi popraviti ili ugraditi nove delove | |
| 2. | Montirati opruge i ispitati ih na statičko opterećenje uz popunjavanje merne liste | |
| 3. | Proveriti mere vešajnih karika i po potrebi ugraditi nove | |
| E. | KOČNICE | |
| 1. | Rastaviti kočnicu | |
| 2. | Proveriti ispravnost i mere bočnog polužja | |
| 3. | Rasporednik zameniti ispravnim sa plombom specijalizovane radionice | |
| 4. | Kočni cilindar i kočno polužje popraviti u specijalizovanim radionicama | |
| 5. | Podmazati sve taruće delove | |
| 6. | Proveriti ispravnost vazдушnih vodova i ispitati rezervoare za pritisak | |
| 7. | Kočne papuče zameniti | |
| 8. | Montirati kočnicu i izvršiti proveru rada | |
| 9. | Izvršiti pregled uređaja ručne kočnice, proveriti, popraviti i montirati | |
| 10. | Razraditi vreteno ručne kočnice, podmazati taruće delove i izvršiti proveru kočenja | |
| F. | TEGLJENIČKI UREĐAJ | |
| 1. | Rastaviti sve delove tegljenika i kvačila i temeljito ih očistiti | |
| 2. | Proveriti mere i ispravnost tegljenika | |
| 3. | Proveriti ispravnost pričvršćenja tegljenika na postolje | |
| 4. | Proveriti mere i ispravnost svornjaka ručice vretena | |
| 5. | Proveriti ispravnost vretena i vešalice kvačila | |
| 6. | Sastaviti tegljenike i kvačilo, podmazati i razraditi | |
| 7. | Neispravne delove opraviti ili zameniti | |
| G. | ODBOJNICI | |
| 1. | Odbojnice skinuti rastaviti i sve delove temeljito očistiti | |
| 2. | Proveriti karakteristike opruga, sastaviti odbojnik i ispitati ga na statičko opterećenje | |
| 3. | Neispravne delove opraviti ili zameniti | |
| H. | POSTOLJE | |
| 1. | Skinuti sve patosnice, pregledati, neupotrebljive zameniti, upotrebljive i nove impregnirati i postaviti izolacionu traku | |
| 2. | Temeljito očistiti prljavštinu i koroziju sa donjeg postolja | |
| 3. | Proveriti ispravnost obrtnih šolja i centralnih svornjeva, popraviti ili zameniti | |
| 4. | Proveriti ispravnost vodica kućišta ležišta na njima i popraviti | |
| 5. | Obojiti postolje i sastavne delove | |
| J. | ANTI-KOROZIONA ZAŠTITA U zavisnosti od oštećenja sistema zaštite, izvršiti sledeće: | |
| a) | Delimična popravka boje sa završnim premazom po celoj površini boka | |
| 1. | Primeniti postupak pripreme površine na oštećenim mestima četkama, brusonima ili hemijskim sredstvima | |
| 2. | Pripremiti postupak nanošenja sistema zaštite na oštećena mesta, naneti završni premaz raspršivanjem | |
| b) | Temeljno bojenje i zaštita | |
| 1. | Skinutin celokupni stari premaz i koroziju mehaničkim ili hemijskim postupkom | |
| 2. | Pripremiti površinu prema objavama UIC 842-3; 842-4 | |
| 3. | Naneti sistem zaštite prema UIC 824-4 | |
| K. | ISPISIVANJE NATPISA I OZNAKA Po završenoj zaštiti i bojenju ispisati natpise i oznake prema JŽS TO.003 i UIC 842-4 | |
| L. | ZAVRŠNI RADOVI | |
| 1. | Izvršiti završni pregled, vaganje, primopredaju kola i izraditi tehničku dokumentaciju (merne liste) | |
| | UKUPNO: | 200Nh |

Nakon izvršene velike opravke kola izvršiti izradu, pored ostalog, i sledeće remontno – tehničke dokumentacije:

- mernu listu donjeg postolja kola,
- mernu listu nosećih lisnatih gibnjeva,
- mernu listu prstenastih opruga vlačne spreme,
- mernu listu kvačila,
- dijagram rada rasporednika kočnice.

Napred pobrojane merne liste (osim dijagrama rada

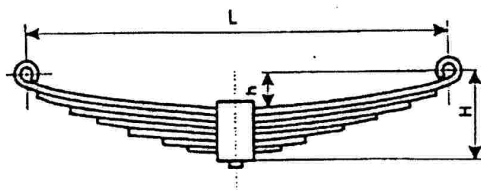
rasporednika) prikazane su na slikama 2, 3, 4 i 5



| Nazivna mera | oznaka | Osnovna vrednost | Izmerene mere |
|----------------------------|----------------------------------|------------------|---------------|
| Razmak svornjaka | a ₁ | ± 3mm | |
| | a ₂ | ± 3mm | |
| Širina postolja | b ₁ | ± 2mm | |
| | b ₂ | ± 2mm | |
| Razlika dijagonala | L=L ₁ -L ₂ | L 1 mm/m | |
| Razlika dijagonala sanduka | D=D ₁ -D ₂ | D 1 mm/m | |
| Ugib | c | ± 5mm | |

Slika 2. Merna lista postolja kola

**РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА И ИЗМЕНА
ИЗРАЂЕНИХ И ОПРАВЉЕНИХ ЛИСНАТИХ ГИБЊЕВА ЗА
ЖЕЛЕЗНИЧКА ВОЗИЛА**



$$F_3 = \frac{20000 \cdot n \cdot b \cdot v^2}{3 \cdot l} \text{ (cm)}$$

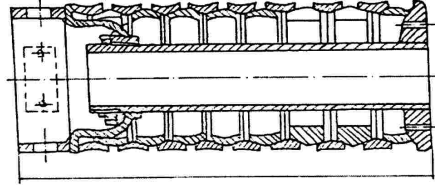
(max. сила opterećenja gibnja)
JUS P. F3.010

| vr sta gibnja | b (mm) | V (mm) | l (mm) | H (mm) | h (mm) | F 3 (kp) | re gene ra cija | no vi op asa | glavni list | srednji list | ukupno gibnjeva |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|----------------|-----------------|--------------------|
| 8x 1200 | 1 20 | 1 6 | 1 200 | 2 49 | 1 03 | 1 3600 | | | | | |
| 8x 1200 | 1 20 | 1 6 | 1 200 | 2 49 | 1 03 | 1 3600 | | | | | |
| 8x 1200 | 1 20 | 1 6 | 1 200 | 2 49 | 1 03 | 1 3600 | | | | | |
| 8x 1200 | 1 20 | 1 6 | 1 200 | 2 49 | 1 03 | 1 3600 | | | | | |
| UKUPNO | | | | | | | | | | | |

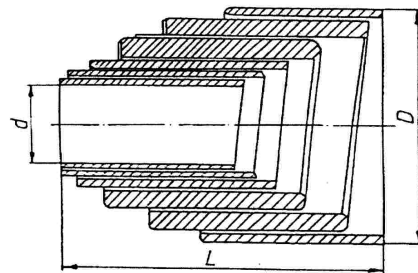
Slika 3. Merna lista lisnatog gibnja

| RE DNI BR OJ | TIP OPRUGE | DUŽI NA L (mm) | PREČNI K | | DOBRA NIJE DOBRA |
|-----------------------|----------------|-------------------------|-------------|---|----------------------------|
| | "A" ili "B" | | d | D | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |

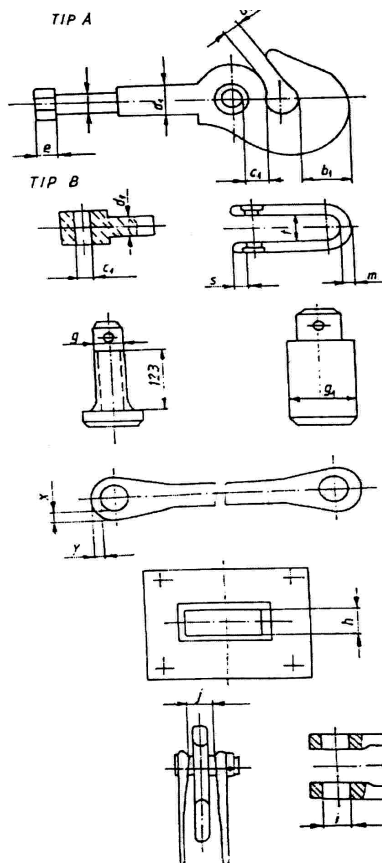
TIP „A“



TIP „B“



Slika 4. Merna lista ogibljenja vlačne spreme



| O znaka | Nomi nalna mera | Gra nična mera | Izmereno | |
|----------------|-----------------------|----------------------|----------|--|
| a ₁ | 41 | 45 | | |
| b ₁ | 80 | 75 | | |
| c ₁ | 31 | 27 | | |
| d ₁ | 60 | 55 | | |
| e | 40 | 37, 5 | | |
| e ₁ | 80 | 78 | | |
| f ₁ | 53 | 50, 5 | | |
| g | 55 | 54 | | |
| g ₁ | 80 | 79 | | |
| h | 62 | 67 | | |
| f ₂ | 42 | 40 | | |
| i | 80 | 81 | | |
| j | max 52 | | | |
| f | 60 | 58 | | |
| m | 40 | 33 | | |
| s | 24 | 21 | | |
| t | 70 | 65 | | |
| v | 27,5 | 10 | | |

Slika 5. Merna lista kvačila

5. ZAKLJUČAK

Plato kola serije S uvrščena u vozni park JŽ imaju posebno mesto u sistemu saobraćajne podrške snaga odbrane jer se jedino njima prevoze teški-predimenzionisani tereti, kao što su raznovrsna borbeno vozila (guseničari i točkaši), inženjerske mašine i razni drugi borbeni sistemi.

Broj plato kola u voznom parku JŽ je jako ograničen što može izazvati poteškoće u određenim uslovima kada se pojavi potreba za istovremenim angažovanjem većeg broja plato kola .

Obzirom na povećani stepen imobilizacije kola treba preduzeti potrebne mere na polju njihove eksploatacije i održavanja, kako bi se povećao broj ispravnih plato kola .Adekvatne mere podrazumevaju poštovanje propisanih procedura i postupaka kao i vremenskih resursa pri održavanju.

LITERATURA

- [1] Aleksandrov V.: Železnička vučena vozila, Želnid, Beograd, 2000.
- [2] Aleksandrov V.: Održavanje železničkih vozila, Želnid, Beograd, 2000.
- [3] Grupa autora: Obim radova za izvršenje velike opravke teretnih kola serije "C" (472), ŽTP Beograd, Beograd, 1996.
- [4] Grupa autora: Merne liste (uzorci), Želvoz, Smederevo, 1996.
- [5] Jovanović D.: Organizacija železničkog saobraćaja i transporta, VIZ, Beograd, 2002.
- [6] Stojković R., Jovanović D.: Vojna prevoženja železnicom u uslovima ograničenog broja plato kola, XXV SYM-OP-IS, 98, Herceg Novi, 1998.

MAINTENANCE OF SPECIAL WAGON-PLATFORMS OF THE Smmps-tz SERIES

Dragutin Jovanović

Abstract – This paper discusses the types cycles maintenance periods, descriptions and range of the maintenance procedures in wagon-platforms with special applications for the national defense, Smmps-tz, with a special emphasis on the exploitation of wagon of this series in the conditions given above.

Key words: railway, wagon, wagon-platform, exploitation, maintenance

EKONOMIČNA OBRADA PROFILA TOČKOVA ŽELEZNIČKIH VOZILA I ANALIZA RADA PODPODNIH MAŠINA U ŽTP »BEOGRAD« U PERIODU OD 1990. DO 1997. GODINE

Dragoslav Pajić¹

Abstrakt: Analiza rada podpodnih mašina za obradu profila točkova u ŽTP »Beograd« u periodu 1990.-1997. godine pokazuje da podpodne mašine za obradu profila predstavljaju veoma važnu komponentu u održavanju vozničkih sredstava, s obzirom da obavljaju posao koji direktno utiče na bezbednost kretanja vozila, s jedne strane, i posao koji struganjem umanjuje vrednost osovinskih sklopova, koja se meri milionima nemačkih maraka, s druge strane. Pored toga, odsustvo adekvatne evidencije o obradi i potrošnji točkova vozničkih sredstava i njihove stručne analize, lišavaju odgovornu Službu ŽTP-a mogućnosti da uoče probleme i da blagovremeno preduzme mere za njihovo smanjenje (specifična potrošnje točkova, imobilizacije vozila, pouzdanost mašina za obradu i dr.). U ovom periodu na svim podpodnim mašinama odstrugano je materijala u vrednosti od preko 30 miliona DM i svaka inovacija (ekonomična obrada, na primer.) može da ostvari značajne uštede. Izračunato je da je ŽTP »Beograd« u periodu 1990-1997.god. izgubio oko 4,5 miliona DM zato što na podpodnim mašinama u Beogradu (glodalica u Beogradu i Rafamet u Zemunu) nije primenjivao ekonomičnu obradu profila točkova. Nažalost, ne primenjuje se ni danas. Koliko je ŽTP »Beograd« izgubio za poslednjih 23 godine?

Ključne reči: profil točkova, osovinski sklop, ekonomična obrada, železnica

1. UVOD

Železnica predstavlja saobraćajni sistem koji je vezan za kolosek i kod kojeg kontakt između točka i šine ima znatan uticaj na sigurnost vožnje a takođe i na dinamičko ponašanje vozila. Za razliku od drumskog i vazdušnog saobraćaja, dijagnostička senzorska tehnička sredstva na železnici nisu još na tom nivou da mogu da obezbede potrebne podatke u toku vožnje, zato se sigurnost vožnje mora obezbediti putem održavanja.

Deo točka koji je u stalnom dodiru sa šinom, troši se zbog dejstva sila, te se njegova geometrija (profil) menja. Zbog toga je potrebno da se profil točka održava u određenim granicama putem *reprofiliranja* ili, kako se to kaže, struganjem.

Postoje dva razloga za trošenje točkova:

- trošenje usled *trenja* između točka i šine u vožnji; i
- trošenje usled *obrade* profila točkova u eksploataciji (na mašinama za obradu bez izvezivanja osovinskih sklopova) i u remontu u radionicama (na mašinama za obradu sa izvezivanjem).

Ovde je analizirana obrada osovinskih sklopova na svim mašinama bez izvezivanja (podpodnim mašinama) u ŽTP »Beograd« u periodu 1990 – 1997.god.

2. PROFIL TOČKA

Profil točka je strogo definisan kao nacionalnim tako i međunarodnim standardima i to kao novi profil (puni profil), tako i profil u eksploataciji (istrošeni profil). Profil točkova vozila JŽ je standardizovan 1978. godine prema objavi UIC 510-2.

Od svih graničnih mera profila izdvajamo sledeće:

- visina venca ($Sh=28\div 36$ mm));
- debljina venca ($Sd=32\div 22$ mm));
- nagibni ugao bočne površine venca ($qR > 6,5$ mm)

- razmak između unutrašnjih površina oba točka ($AR= 1360 \pm 3$ mm).

Ove mere su određene u skladu sa graničnim merama skretnica. Kao kritična mesta na skretnici, na koje profil točka ima uticaj su:

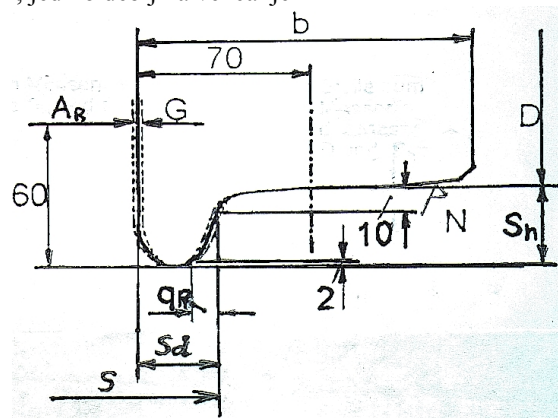
- jezičak skretnice (mera qR)
- oblast srca skretnice gde točak nije vođen (mere Sh, Sd, AR);h
- šina-vođica točka u skretnici (mera AR).

Najčešći razlozi za reprofiliiranje su: istrošeni venac (qR – mera) i istrošena površina kotrljanja (Sh – mera). Postoje i druge mere koje se moraju poštovati, ali ovo su najčešće mere koje treba popraviti na profilu točkova.

Na slici 1. daju se osnovne mere profila točkova železničkih vozila.

3. MEĐUPROFILI I EKONOMIČNA OBRADA PROFILA TOČKOVA

Pod *međuprofilom* se podrazumeva profil točka koji ima u potpunosti profil novog točka, ili kako se to kaže »puni profil«, jedino debljina venca je

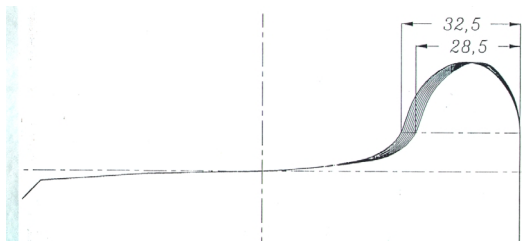


Slika 1. Osnovne mere profila točkova

¹Dragoslav Pajić, Ljube Didića 10b, 11000 Beograd, e-mail: dpajic@eunet.yu

manja od debljine venca punog profila ($32 \pm 0,5$ mm) i iznosi 31,5mm ; 30,5mm ; 29,5mm ; 28,5 mm. U određenim slučajevima ova mere može biti i manja.

Na slici 2. prikazani su međuprofil sa debljinom od 32,5 mm do 28,5 mm.



Slika 2. Međuprofil točka železničkih vozila

Međuprofil točkova železničkih vozila JŽ određeni su JŽS-standardom V1.025

Pod *ekonomičnom obradom* profila točkova podrazumeva se obrada profila koja nema punu debljinu venca novog profila ($32 \pm 0,5$ mm) već jednu od debljina koju predviđa međuprofil točka. Dakle, **cilj je obraditi venac sa što manje struganja** a da pri tome profil točka bude obrađen prema obliku koji ima novi pun profil tj. da sve bude kao pun profil osim debljine venca.

Ekonomična obrada profila pojavila se na evropskim železnicama još 1959 godine. Zajednica JŽ je izradila Privremeni propis pod nazivom: *Uputstvo JŽ za ekonomičnu obradu profila vučnih vozila*, još 1979.godine. Ovo Uputstvo je poslužilo kao osnova za dalju primenu ekonomične obrade na JŽ i za izradu JŽS-standarda o međuprofilima (JŽS V1.026). Treba reći da je ekonomična obrada postepeno primenjivana u ŽTO-ima i to prvo ŽG Ljubljana, pa ŽTP Zagreb i na kraju delimično u ŽTP-Beograd.

4. ZNAČAJ PRIMENE EKONOMIČNE OBRADU PROFILA TOČKOVA

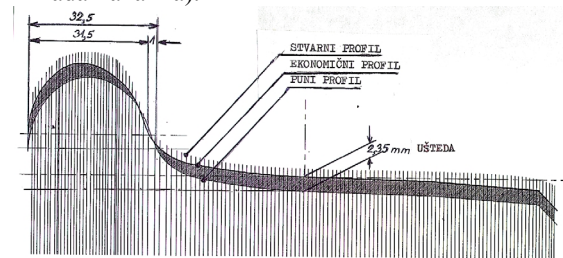
Primena ekonomične obrade u eksploataciji železničkih vozila, kao i u održavanju, ima veoma pozitivne efekte na uštedu u trošenju točkova i produžava vek trajanja točkova. Efekti su sledeći:

- površina kotrljanja se manje struže, čime se štedi na materijalu točkova, koji je veoma skup (ovo je najveća ušteda);
- manje struganje smanjuje troškove za radnu snagu, energiju i alate;
- veći deo površine, koja je otvrdnula u eksploataciji, se ne struže, što smanjuje specifičnu potrošnju;
- produžavanjem veka trajanja točkova smanjuju se troškovi vanredne zamene.

Na slici 3 prikazan je efekat primene ekonomične obrade tj. koliko se smanjuje obrada po krugu kotrljanja točka u zavisnosti od debljine venca točka. Na slici se vidi da za svaki milimetar manje odstrugane debljine venca, po poluprečniku točka se manje struže za 2,35 mm (u literaturi je to 2,7 mm), što praktično znači da je to ušteda. Ako se uzme da jedan milimetar za dva točka na železničkom vozilu košta od 64 do 131 DM (zavisno od serije vozila), onda se može odmah pretpostaviti koliko važnu ulogu ima

primena ove metode u eksploataciji i održavanju vozničkih sredstava. Upravo cilj ovog predavanja je:

- da pokaže kolika je vrednost odstrugana u periodu 1990.-1997 na svim vozilima ŽTP Beograd i iz toga izvuče zaključak o neophodnosti sistematskog praćenja i ozbiljnog pristupa problemu obrade profila točkova;
- da pokaže koliko je izgubljeno novaca zbog neprimenjivanja ove metode; i
- da donekle ukaže na smernice u pristupu organizovanju reprofilsanja točkova na podpodnim mašinama (lokacija, kapacitet, pouzdanost-redovno održavanje i remont, primena savremenih metoda, unapređenje-rekonstrukcija, evidencija, praćenje rada i analiza).



Slika 3. Međusobna zavisnost između debljine venca i poluprečnika kruga kotrljanja točka

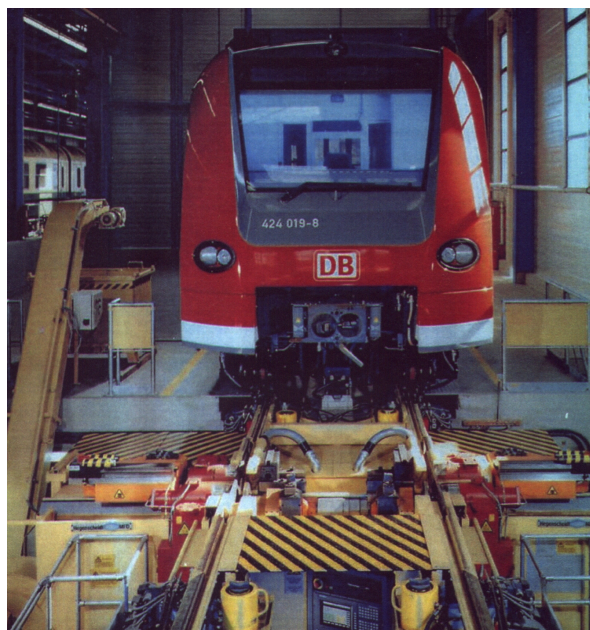
5. PODPODNE MAŠINE ZA OBRADU PROFILA TOČKOVA

Tehnologija obrade profila točkova bez izvezivanja osovinjskih sklopova (na podpodnim mašinama dolazi do izražaja tek kada je počela zamena parnih lokomotiva dizel-vozilima a kasnije elektrovočnim vozilima. Masovnu primenu ovih mašina prvo su počele američke železničke kompanije, koje su odmah posle II. svetskog rata sprovele dizelizaciju i završile su je za nekoliko godina. Kasnije su evropske železnice, takođe, počele sa primenom ovih mašina u eksploataciji. Jugoslovenske železnice su jedne od prvih železnica u Evropi koje su pustile u rad podpodnu mašinu kupljenu u Americi 1962. godine.

Postoje 4 vrste ovih mašina: *glodalice*, *strugovi*, *brusilice* i *kombinacija glodalice i struga*. U principu razlikuju se dva načina upravljanja: hidraulino (klasično) upravljanje i CNC-upravljanje. Prednost ovog drugog načina upravljanja je u automatskom određivanju optimalne obrade, čime se dobija u vremenu i na taj način se povećava kapacitet mašina.

Kapaciteti ovih mašina (prema reklamnim prospektima proizvođača) se kreću od 8 do 15 osovinjskih sklopova za 8 sati rada. Međutim, iz iskustva se zna da su realni kapaciteti u praksi znatno manji.

Na slici 4 prikazan je izgled jedne podpodne mašine za obradu profila točkova.



Slika 4. Izgled podpodne mašine za obradu profila točkova

6. PODPODNE MAŠINE U BIVŠOJ JUGOSLAVIJI

Kao što je već rečeno, Jugoslovenske železnice su nabavile podpodnu mašinu za obradu profila u vreme kada su počele modernizaciju 60-tih godina tj. kada su masovno počele da nabavljaju dizel-vučna vozila. Nabavka ovih mašina u bivšoj Jugoslaviji tekla je ovim redom:

- 1962.god Beograd - glodalica Stanray (USA)
- 1971.god. Zagreb - strug Hegenscheidt (Nemačka)
- 1973.god. Skoplje - strug Hegenscheidt (Nemačka)
- 1979.god. Ljubljana – strug Hegenscheidt (Nemačka)
- 1984.god. Sombor - strug Rafamet (Poljska)
- 1985.god. Beograd - strug Rafamet (Poljska)
- 1986.god. Kosovo.Polje - strug Hegenscheidt (Nemačka).

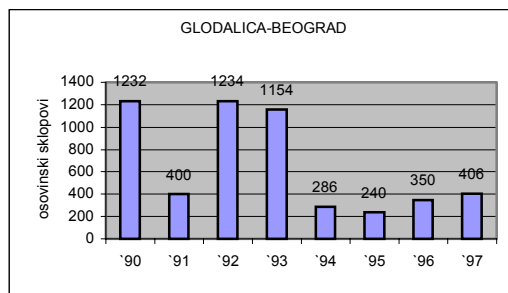
Kao što se vidi, ukupno je nabavljeno 7 podpodnih mašina, od kojih je u ŽTP Beograd bilo 4 mašine. Danas Hegenscheidt u Kosovu Polju ne radi za ŽTP »Beograd«, te je ostalo samo tri podpodne mašine.

7. PODPODNE MAŠINE U ŽTP »BEOGRAD«U PERIODU 1990-1997.GODINI

7.1. Glodalica Stanray 448 – Depo Beograd

Kao što je rečeno, prva podpodna mašina na JŽ postavljena je 1962. godine u Depou Beograd i služila je za obradu svih vučnih vozila na mreži JŽ, dok ostali ŽTP-i nisu nabavili svoje mašine. U posmatranom periodu glodalica je imala veliku imobilizaciju (53%) i prosečno godišnje je obradila 662 osoviniska sklopa. Ona je već dotrajala (40 godina rada) i potrebna je rekonstrukcija i generalni remont. Osnovna mana je da ne može da obrađuje međuprofile. Projektovani kapacitet je 8 osoviniskih sklopova za 8 sati rada, a realizovano je prosečno 4,45 osoviniska sklopa/24 h.

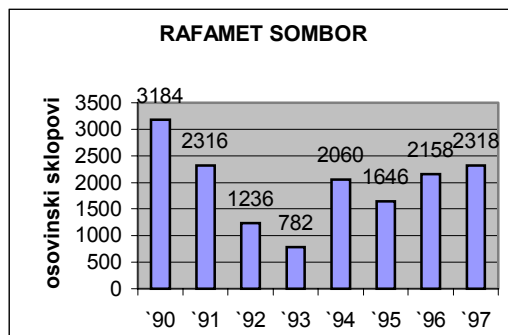
Na slici 5 prikazan broj obrađenih osoviniskih sklopova u periodu 1990-1997-god.



Slika 5. Broj obrađenih osoviniskih sklopova svih vozila na glodalici u depou Beograd

7.2. Strug Rafamet UBG 150 – Depo Sombor

Strug je nabavljen za ŽTO Novi Sad i postavljen je u Depou Sombor. Ovaj strug je radio punim kapacitetom i obradio je prosečno godišnje 1963 osoviniska sklopa sa prosečnom imobilizacijom od 12%. Projektovani kapacitet je 6 osoviniskih sklopova za 8 sati rada a realizovani prosek za 24 sat je 6,04 osoviniska sklopa. Na slici 6 prikazan je broj obrađenih osoviniskih sklopova svih vozila u periodu 1990-1997.god.

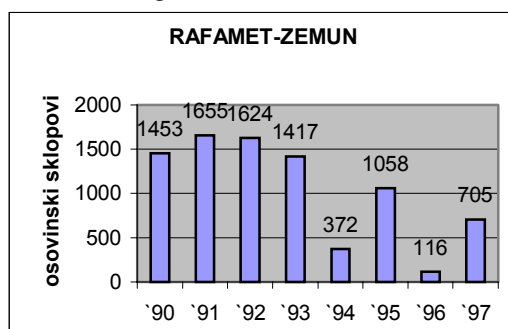


Slika 6. Broj obrađenih osoviniskih sklopova svih vozila na podpodnoj mašini Rafamet u Somboru.

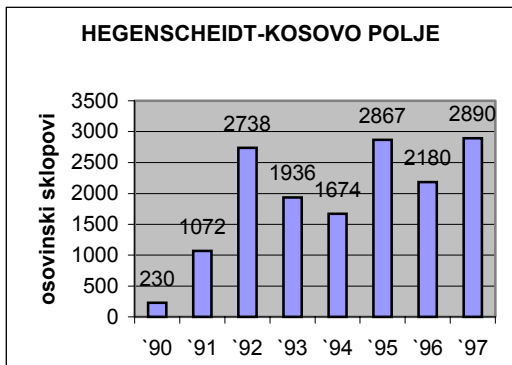
7.3. Strug Rafamet UGB 150 – Depo Zemun

Ovaj strug je postavljen 1985. godine i iste je konstrukcije kao i strug u Somboru. Međutim, bio je više u imobilizaciji (32%) i prosečno je obradio 5,13 osoviniskih sklopova za 24 sata. Prosečno je godišnje u posmatranom periodu obrađeno 1180 osoviniskih sklopova. Predviđa se generalni remont.

Na slici 7 prikazan je broj obrađenih osoviniskih sklopova svih vozila na strugu Rafamet u Zemunu u periodu 1990-1997.god.



Slika 7. Broj obrađenih osoviniskih sklopova svih vozila na strugu Rafamet u Zemunu



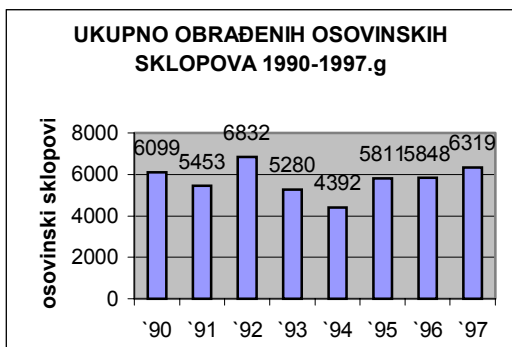
Slika 8. Broj obrađenih osovinskih sklopova svih vozila na strugu Hegenscheidt u Kosovu Polju

7.4. Strug Hegenscheidt 105 S – Kosovo Polje

Kupljen je u vreme ŽTO Priština i kasnije je pripojen ŽTP Beograd. Prosečno je godišnje obrađivao u posmatranom periodu 1948 osovinskih sklopova a prosečno imobilizacijom od 3%. Prosečno je realizovana obrada za 24 sata 5,63 osovinska sklopa. Ovaj strug sada ne radi za ŽTP Beograd. Na slici 8 prikazan je broj obrađenih osovinskih sklopova na strugu Hegenscheidt u Kosovu Polju u periodu 1990. - 1997.god.

7.5. Ukupan broj obrađenih osovinskih sklopova na svim vozilima u ŽTP«Beogra» u periodu 1990-1997.god.

Na slici 9. prikazan je ukupan broj obrađenih osovinskih sklopova na svim vozilima ŽTP«Beograd» u periodu 1990-1997.god. Iz dijagrama se vidi, da se za ceo period od 8 godina, koji je sadržao različite okolnosti (1990. bivšu Jugoslaviju, 1991.-1995. početak raspada i sankcije i 1996.-1997. prestanak sankcija) i u kome je saobraćaj opadao, broj obrada nije mnogo menjao. Ovo ukazuje na znatno povećano specifično trošenje točkova.



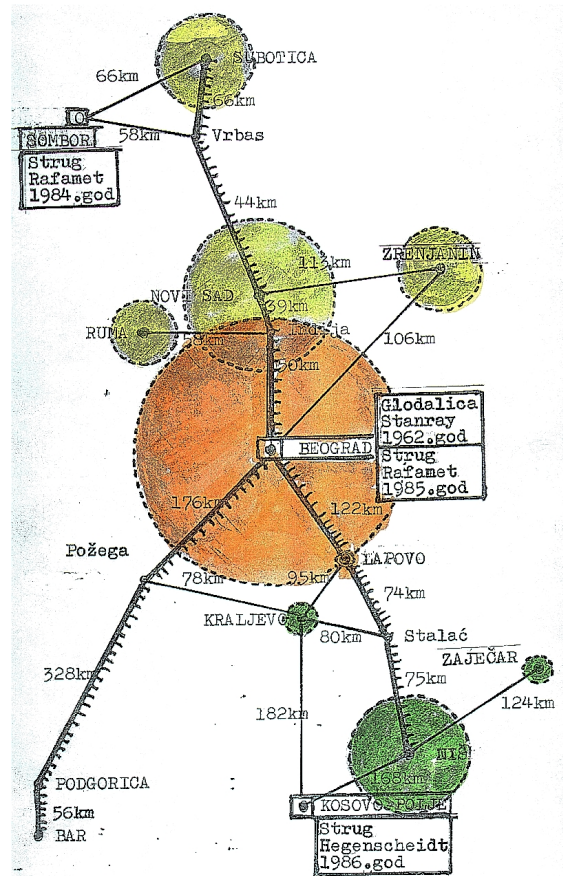
Slika 9. Ukupan broj obrađenih osovinskih sklopova na svim vozilima i svim podpodnim mašinama u periodu 1990-1997.god

Na slici 10 prikazan je raspored mašina za podpodnu obradu čija je analiza izvršena u ovom radu i prosečan broj obrađenih osovinskih sklopova redukovanih na prečnik točka od 920 mm prikazanih kao krugovi u procentualnom iznosu u odnosu na prosečni radni park zavisno od matičnih depoa.

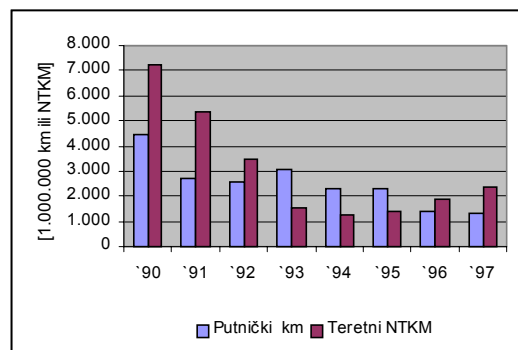
8. RAD VOZNIH SREDSTAVA I IMOBILIZACIJA U PERIODU 1990-1997.GODINA

Na slici 11 i 12 dati su dijagrami rada vučnih vozila u brutotonskim i netotonskim kilometrima za teretni i putnički saobraćaj. U teretnom saobraćaju je rad znatno opadao dok je u putničkom saobraćaju nešto manji pad. Zbog toga je cela analiza rađena za radni park vozila, kako bi se dobila potpunija slika.

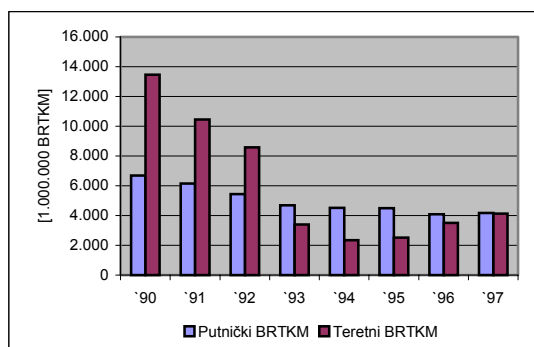
Imobilizacija vučnih vozila se u 1990. godini kretala između 20 i 45 % , da bi u 1997. godini dostigla vrednost između 55 i 80 %.



Slika 10. Raspored podpodnih mašina za obradu profila točkova u ŽTP Beograd u posmatranom periodu (1990-1997.god.) i prosečni broj obrađenih redukovanih osovinskih sklopova, izražen u procentima a vizuelno prikazan u vidu površine krugova, na mestima matičnih depoa.



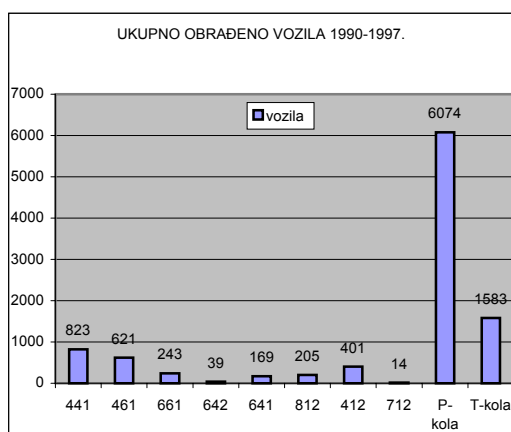
Slika 11. Rad u putničkom kilometrima i netotonskim kilometrima u teretnom saobraćaju u periodu 1990 – 1997. godina



Slika 12. Rad u brutotonskim kilometrima u putničkom i teretnom saobraćaju u periodu 1990 – 1997. godine

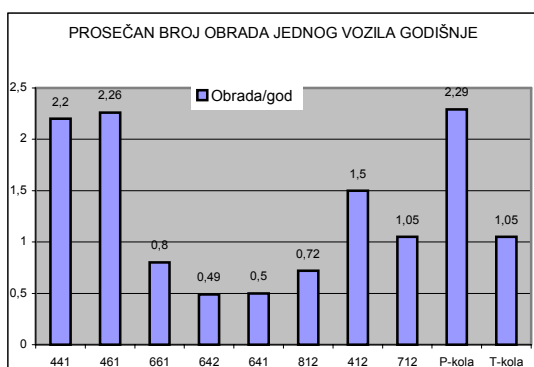
9. PREGLED BROJA OBRADENIH VOZILA NA PODPODNIH MAŠINAMA U PERIODU 1990 – 1997

9.1. Ukupan broj obradenih vozila na podpodnim mašinama u periodu 1990-1997



Slika 13. Ukupan broj obradenih vozila na podpodnim mašinama u periodu 1990.1997.god

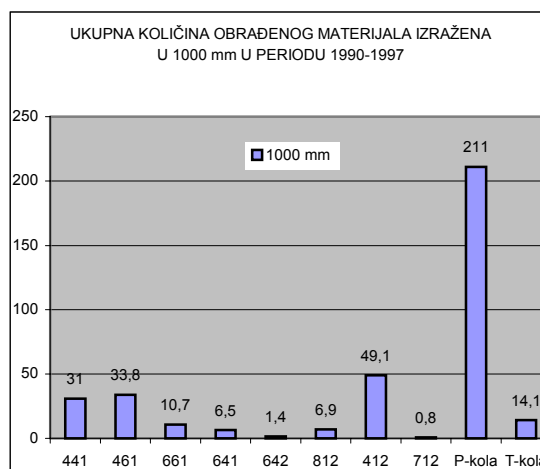
9.2. Prosečan broj obrade jednog vozila godišnje u periodu 1990-1997



Slika 14. Prosečan broj obrade jednog vozila radnog parka godišnje u periodu 1990-1997.god.

10. KOLIČINA OBRADENOG MATERIJALA U PERIODU 1990-1997

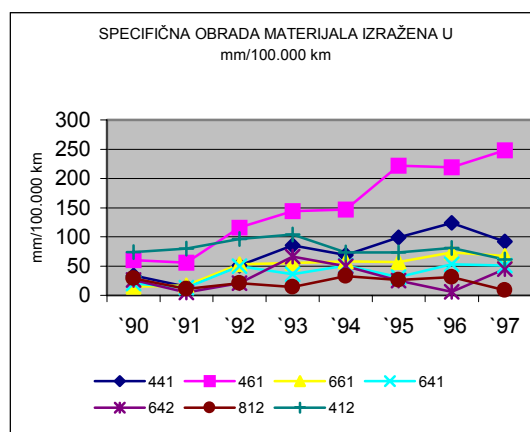
10.1. Ukupna količina obradenog materijala na svim podpodnim mašinama u periodu 1990-1997 izražena u 1.000 mm



Slika 15. Ukupna količina obradenog materijala u periodu 1990-1997.god. izražena u 1000 mm.

10.2. Specifična obrada jednog vozila prosečnog radnog parka po pređenim lokomotivskim kilometrima [mm/100.000 km]

Specifična obrada u mm/100.000 km kod nekih serija pokazuje veoma veliki porast trošenja točkova u posmatranom periodu. Naročito je to izraženo kod serije 461 kod koje povećana za oko 5 puta, a kod serije 441 za oko 2,7 puta.



Slika 16. Specifična obrada jednog vozila prosečnog radnog parka na podpodnim mašina izražena u mm/100.000 kilometara

11. VREDNOST OBRADENOG MATERIJALA NA PODPONIM MAŠINAMA U PERIODU 1990-1997

11.1. Određivanje vrednosti 1 mm debljine na dva točka ugrađenog osovinskog sklopa u vozilo

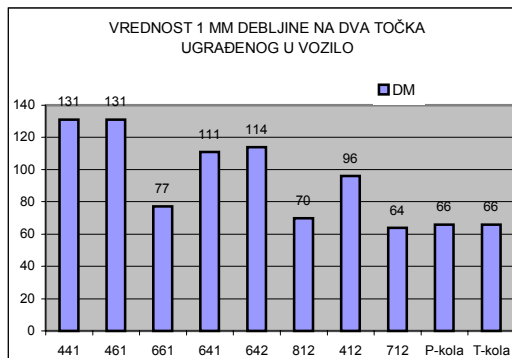
Vrednost 1 mm debljine točkova izračunava se na osnovu troškova, koji su prisutni prilikom kupovine novih točkova i ugradnje u vozilo, kao i troškova koji su prouzrokovani vanrednim intervencijama na vozilu zbog točkova. Zbog toga se razlikuju dve vrednosti:

- fiksna vrednost; i
- promenljiva vrednost.

Fiksna vrednost debljine točkova se određuje na osnovu *fiksni troškova*: nabavna vrednost dva točka, carina i ostale dažbine, vrednost radova na zameni dva točka (ispresavanje, obrada, napresavanje, montaža).

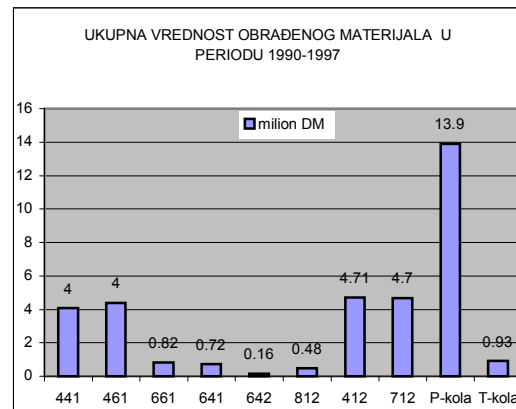
Promenljiva vrednost debljine točkova se određuje na osnovu *promenljivih troškova*: vrednost radova na izvezivanju obrtnih postolja, osovinskih sklopova i njihova ponovna montaža a koji terete jedan osovinski sklop u slučaju vanredne zamene točkova, vrednost imobilizacije vozila usled vanredne zamene točkova, koji terete jedan osovinski sklop, transportni troškovi vozila do radionice gde se vrši vanredna zamena osovinskog sklopa.

U ovom proračunu su uzeti samo fiksni troškovi, pošto u ŽTP Beograd nije moglo da se dobiju odgovarajući podaci za izračunavanje promenljive vrednosti debljine točkova. Zbog toga se na slici 17. daju fiksne cene 1 mm debljine na dva točka osovinskog sklopa ugrađenog u vozilo.



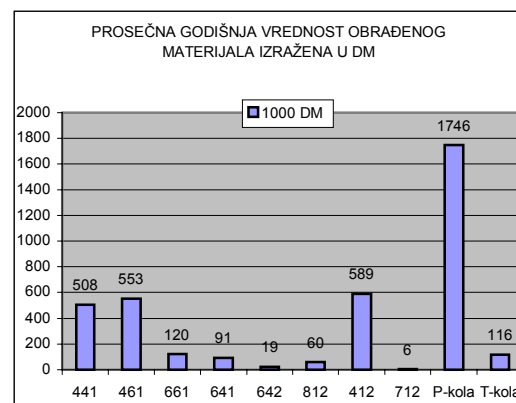
Slika 17. Vrednost 1 mm debljine na krugu kotrljanja 2 točka osovinskog sklopa ugrađenog pod vozilo

11.2. Ukupna vrednost obradenog materijala na svim podpodnim mašinama u periodu 1990-1997



Slika 18. Ukupna vrednost obradenog materijala na podpodnim mašinama za 2 točka na osovinskom sklopu u periodu 1990-1997.god.

11.3. Vrednost prosečno godišnje obradenog materijala izražena u nemačkim markama



Slika 19. Vrednost prosečno godišnje obradenog materijala na svim podpodnim mašinama u periodu 1990-1997.god

12. PRIMENA EKONOMIČNE OBRADU U ŽTP BEOGRAD

Ekonomična obrada profila točkova u ŽTP Beograd primenjena je delimično. Na podpodnim mašinama Hegenscheidt u Kosovu Polju i Rafamet u Somboru ova metoda je primenjena a na glodalici u Beogradu i Rafametu u Zemunu nije. Na glodalici se ne može primeniti ova metoda, pošto je takve konstrukcije. Međutim, na Rafametu u Zemunu je to moguće, pošto je to ista podpodna mašina kao u Somboru. Nažalost, još uvek se ni u Zemunu ova metoda ne primenjuje.

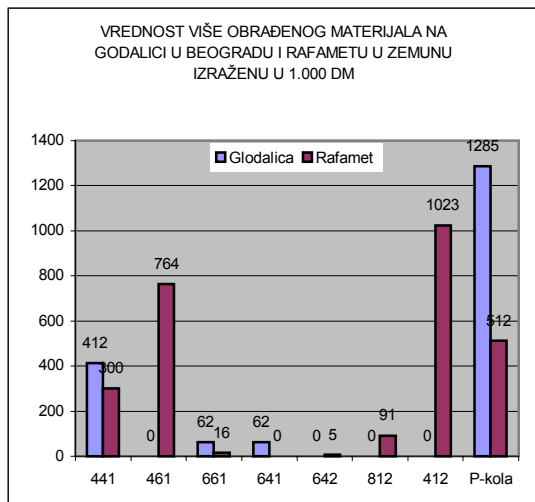
Šteta je višestruka. Pre svega, vrednost obradenog materijala je ogromna, smanjen je vek trajanja točkova, utrošeno je više radnih sati, energije i alata. Samo vrednost više odstruganog materijala po osnovu fiksne vrednosti 1 mm debljine 2 točka, iznosi za period 1990-1997 za sva vozila:

- na glodalici u depou Beograd : **1,820.000 DM**
- na Rafametu u depou Zemun : **2,710.000 DM**
- ukupna vrednost više obradenog materijala u periodu 1990-1997 iznosi: **4,530.000 DM.**

Po vrstama vozila raspored vrednosti više obrađenog materijala iznosi:

- za vučna vozila: **2,730.000 DM**
- za kola : **1,800.000 DM**

Svakako da su ovo okvirne vrednosti, jer se radi o proračunu koji je zasnovan na prosečnim vrednostima za 8-godišnji period. Međutim, i one dovoljno govore o ozbiljnosti prisupa ovoj problematici



Slika 20. Vrednost više obrađenog materijala na glodalici u Beogradu i Rafametu u Zemunu zbog neprimenjivanja ekonomične obrade u periodu 1990-1997.god.

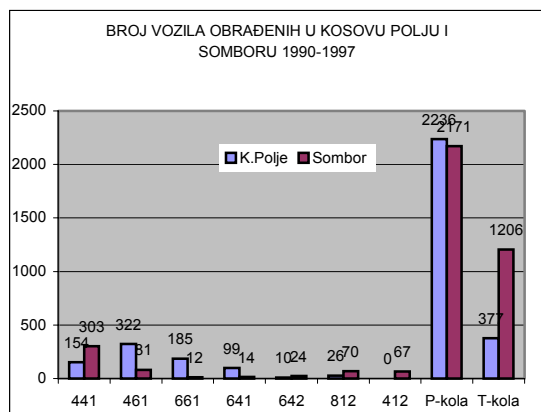
13. IMOBILIZACIJA VOZNIH SREDSTAVA USLED REPROFILISANJA TOČKOVA

13.1. Uzroci imobilizacije u periodu 1990-1997.god. usled reprofilsanja točkova

Imobilizacija vozila je prouzrokovana usled sledećih razloga:

- imobilizacija glodalice u Beogradu i Rafameta u Zemunu bila je veoma velika , pa su vozila upućivana u Kosovo Polje (299 km od Beograda) i Sombor (265 km od Beograda) .
- na ovim relacijama jedan deo pruga nije elektrificiran, pa su električna vozila morala da budu prevlačena.

Na slici 21 prikazan je broj vozila koja su bila obrađivana u Kosovu Polju i Somboru.



Slika 21. Ukupan broj vozila obrađen u Kosovu Polju i Somboru u periodu 1990-1997.god.

Ako se uzme da je imobilizacija lokomotiva za odlazak u Kosovo Polje 10 dana a za Sombor 5 dana , onda se svakog dana zbog odlaska lokomotiva serije 441 gubi 1,03 lokomotive/dnevno a za seriju 461, 1,23 lokomotive/dnevno. Za putnička kola dnevna imobilizacija je u proseku iznosila preko 12 kola. Ukoliko bi ŽTP »Beograd« znao koliko košta jedan dan imobilizacije svojih vozila, iz ovih podataka može se izračunati kolika je šteta što su vozila morala da odlaze na obradu u Kosovo Polje i Sombor.

13.2. Određivanje racionalnog rasporeda podpodnih mašina u ŽTP«Beograd«

Pravilan raspored podpodnih mašina na teritoriji ŽTP«Beograd«-a može da se odredi prema broju osovinskih sklopova koji treba da se obrade vezano za njihove matične depoe. U tabeli 1. data su tri depoa, koja kao matični depoi i sa najbližim depoima procentualno imaju najviše osovinskih sklopova za obradu: Beograd (58,5%), Novi Sad (28,7%) i Niš (12,8%).

U tabeli 1. su dati rezultati proračuna prosečnog broja osovinskih sklopova godišnje, koji se obrađuju na vozilima matičnih depoa, ali vezani za radni park matičnih depoa (prosečni radni park u posmatranom periodu). Radi se o broju tzv. »redukovanih« osovinskih sklopova, čiji su prečnici točkova 920 mm tj. svi prečnici točkova redukovani su na 920 mm, kako bi se potreban kapacitet objektivni odredio. Naravno, ovo je izračunato za posmatrani period. Međutim, potrebni kapacitei svih podpodnih mašina mogu se izračunati za planirani rast saobraćaja u perspektivi, pa se ovi podaci mogu u tu svrhu iskoristiti.

Na slici 10, površinom krugova prikazani su procenti učešća prosečnog broja »redukovanih« osovinskih sklopova svih matičnih depoa u ŽTP«Beograd« i svih vozila (likomotiva, motornih vozova i kola) za period 1990-1997.god.

Tabela 1. Prosečan broj »redukovanih« osovinskih sklopova godišnje po matičnim depoima za period 1990-1997. i predlog razmeštaja podpodnih mašina u ŽTP«Beograd«

| BEOGRAD | | NOVI SAD | | NIŠ | |
|---------------------------------------|------|---------------------|------|---------------------|------|
| Mat.depo/ os.sklop.. | % | Mat.depo/ os.sklop. | % | Mat.depo/ os.sklop. | % |
| Beograd 3.699 | 58,2 | NoviSad 1.100 | 17,3 | Niš 580 | 9,2 |
| Lapovo 12 | 0,2 | Subotica 399 | 6,3 | Zaječar 39,5 | 0,6 |
| | | Zrenjanin 106 | 1,7 | Kraljevo 63 | 1 |
| | | Ruma 220 | 3,5 | K.Polje 128 | 2 |
| 3.711 | 58,5 | 1825 | 28,7 | 812 | 12,8 |
| Ukupno: 6.348 os.sklopova /god = 100% | | | | | |

14. ZAKLJUČAK

Obrada podataka o radu podpodnih mašina za obradu profila točkova ŽTP«Beograd« u periodu 1990-1997.god. i odgovarajući proračuni u vezi sa tim, otkrili su važna saznanja o bitnim elementima tehnologije i organizacije

obrade profila na mašinama bez izvezivanja osovinskih sklopova, kao i o uticaju na troškove održavanja, koji dostižu milionske vrednosti. Analiza izrađena na ovakav način, ukazuje na propuste sa ogromnim materijalnim troškovima, s jedne strane a daje realne i dobre osnove za planiranje bolje organizacije, poslovanja i ponašanja u budućnosti. S obzirom na današnje stanje podpodnih mašina i otganzacije održavanja u ovoj oblasti u ŽTP«Beograd», postavlja se kao imperativ potreba za organizovaniji pristup ovoj problematici: organizovanje evidencije, razrada podataka, blagovremene intervencije, unapređenje i kvalitetan remont postojećih mašina, inovacija postojećih mašina i nabavka savremene mašine.

Zaključak se može podeliti na dva dela: na konstatacije i sugestije za otklanjanje propusta i unapređenje rada.

14.1. Konstatacije

Ovom analizom konstatuje se sledeće:

1. U osovinske sklopove uložen je **ogroman kapital**, koji se kreće od **330 miliona DM** za vrednost osovinskih sklopova do **165 miliona DM** za vrednost točkova na osovini;
2. **Godišnja prosečna vrednost** za posmatrani period odstraganog materijala iznosi **3,8 miliona DM** a ukupno u ovom periodu preko **30 miliona DM**
3. **Neprimenivanjem ekonomske obrade profila** ŽTP«Beograd» je izgubio preko **4,5 miliona DM** samo na troškovima materijala, bez dodatnih troškova za radnu snagu, energiju, alate;
4. **Velika imobilizacija** glodalice u Beogradu i Rafamet-a u Zemunu, prouzrokovali su veliku imobilizaciju vozila, jer su bila transposrtovana izvan svojih matičnih depoa. U Kosovu Polju obrađeno je 796 lokomotiva i motornih vozova i 2236 putničkih i 377 teretnih kola. U Somboru je obrađeno 1894 lokomotiva, 618 motornih vozova, 2171 putničkih i 1206 teretnih kola;
5. **Stanje mašina** je nezadovoljavajuće, naročito glodalice (prosečna imobilizacija oko 53%), i Rafameta u Zemunu (prosečna imobilizacija oko 32%);
6. Nije uvedena odgovarajuća **evidencija** o radu mašina i o trošnju točkova;
7. **Specifična obrada** na podpodnim mašinama po lokomotivskom kilometru porasla je od 1990 do 1997. kod nekih vozila od 3 (serija 441) do 5 puta (serija 461) što je alarmantno, jer to znatno povećava troškove poslovanja.
8. **Reprofilisanje po pređenom kilometru** je vršeno kod ellok 441 u proseku na svakih **72.000 km**, kod ellok 461 na svakih **55.000 km** a kod motornih vozova 412 na svakih **167.000 km**. U Evropi se reprofilisanje vrši:
 - za lokomotive na brdovitim prugama posle oko 100.000 km;
 - za lokomotive na ravničarskim prugama posle oko 300.000 km;
 - za savremena putnička kola posle 400.000 do 1.000.000 km;
 - za teretna kola od 200.000 do 400.000 km.

14.2. Sugestije za unapređenje rada na obradi profila točkova

Na osnovu analize dosadašnjih rezultata rada podpodnih mašina, mogu se predložiti sledeće sugestije ŽTP«Beograd»:

1. Izraditi **kompletnu analizu stanja na obradi profila točkova** i to ne samo na podpodnim mašinama već i na mašinama za obradu sa izvezivanjem, uključujući i praćenje trošenja točkova u eksploataciji; i
2. Izraditi **projekat buduće organizacije obrade profila točkova**, pri čemu treba posebnu pažnju posvetiti: izboru novih tehnologija obrade, lokaciji mašina, povećanje kapaciteta mašina, inovaciji postojećih mašina, organizaciji kvalitetnog održavanja i remonta mašina, organizaciji vođenja evidencije i obrade podataka.

Na kraju treba još jednom reći da se ovom problemu mora pristupiti sa *maksimalnom pažnjom* i *solidnim stručnim projektom*, jer se radi o ogromnim materijalnim sredstvima, ogromnim troškovima održavanja, koji se, nažalost, ne mogu izbeći, ali se, sigurno, stručnim prilazom i savremenim rešenjima mogu znatno umanjiti.

LITERATURA

- [1] Dragoslav Pajić: «Ekonomska obrada profila točkova železničkih vozila», »Železnice« br.9 (1982.), strana 4;
- [2] Janez Prešiček: »Sistem računarskog snimanja profila točkova, automatski izbor optimalnog međuprofila i obrade na strugovima Hegenscheidt i Rafamet«, Stručni skup, Železnička radionica Dobova (1991), strana 10;
- [3] ŽTP«Beograd»: Podaci o radu podpodnih mašina za obradu profila točkova i podaci o izvršenom radu vozničkih sredstava;
- [4] Zajednica JŽ: »Uputstvo za ekonomsku obradu profila točkova vučnih vozila« Beograd (1979.), strana 4;
- [5] Roland Mueller: »Verschleisserscheinung an Radlaufflächen von Eisenbahnfahrzeugen«, »Glaser's Annalen«, Nr.119 (1995), strana 15;
- [6] Prospekti firmi: Hegenscheidt, Rafamet, Stanray.

ECONOMICAL WHEEL REPROFILING OF RAILWAY ROLLING STOCKS AND WORK ANALYSE OF UNDERFLOORMASHINES IN ŽTP «BEOGRAD» IN PERIOD 1990-1997.

Dragoslav Pajić

Abstracts – Work analyses of wheel reprofiling on underfloormashines in ŽTP«Beograd» in period 1990-1997. shows that reprofiling by underfloormashines is very important komponent of rolling stocks maintenance, because they have influence on the security in rolling stocks service and produce a very big costs, which involves many millions German marks in a year. In period of 8 years the value of material cut from the wheels was about 30 millions German marks (DM) but, because not using the economical profile, ŽTP «Beograd» has lost over 4,5 millions German marks (DM), only in material value, without secondary costs.

Key words - wheel profile, wheelset, economical reprofiling, railways.

ИСТРАЖИВАЊЕ ЕФИКАСНОСТИ ВАГОНА ПРИМЕНОМ РАЗВИЈЕНОГ ИНФОРМАЦИОНОГ ПОДСИСТЕМА ТЕКУЋЕГ ОДРЖАВАЊА

Милорад Павић¹, Војкан Лучанин²

Резиме: У раду су представљени резултати евиденције о одржавању и праћењу неисправних железничких вагона, обрађени информациони подсистемом текућег одржавања и праћења неисправних железничких вагона (ТЕКОД) на делу барске пруге. Резултати развијеног и имплементираног информационог подсистема обухватају период јануар – децембар 2001. године. Примену овог система карактеришу правовремене и потпуне информације о техничком стању неисправног теретног колског парка, повећању броја расположивог колског парка, смањење времена имобилизације неисправних вагона, праћење неисправног колског парка по индивидуалним бројевима, врстама неисправности, серијама и месту искључења.

Кључне речи: информациони систем, одржавање, софтвер, железница.

1. УВОД

Информациони подсистем текућег одржавања вагона (у даљем тексту ТЕКОД) на делу барске пруге развијан је 2000.–те године у Организационој Јединици Техничко – Колске Службе у Пожеги (у даљем тексту ОЈ ТКС). У овој верзији информациони подсистем ТЕКОД пуштен је у пробни рад јануара 2001. године. Он подразумева софтверско решење једнокорисничке варијанте за потребе рада ТКС-а Пожега. Подаци који су презентовани су перманентно прикупљани са свих 6 прегледних места ОЈ ТКС Пожега. То су следећа прегледна места (ПМ): ПМ Вреоци, ПМ Ваљево, ПМ Пожега, ПМ Ужице-теретна, ПМ Прибој, ПМ Пријепоље-теретна. Подаци су прикупљени из дневника прегледача кола наведених прегледних места. Обрађени подаци прослеђени су као информација свим заинтересованим учесницима саобраћаја. Сарадња је посебно интензивна са радионицама за одржавање возних средстава (ЗОВС) којима су овакве информације потребне ради ефикаснијег и квалитетнијег рада.

2. ПОСТОЈЕЋИ ПРОЦЕС ОДРЖАВАЊА И ДОСАДАШЊЕ ВОЂЕЊЕ ПОДАТАКА

Постојећи процес текућег одржавања вагона чине:

- текуће одржавање без откачивања,
- текуће одржавање са откачивањем.

Текуће одржавање без откачивања ради се на самом колосеку без искључивања вагона из саобраћаја. То раде бравари на текућем одржавању, радници ТКС-а, уз евиденцију и надзор прегледача кола. Ти подаци се евидентирају у књигу браварских радова ТК-29. То су углавном мање интервенције на вагонима које могу да се ураде да се вагон не би искључивао из саобраћаја.

Текуће одржавање са откачивањем подразумева и искључење вагона из саобраћаја и слање у радионице ЗОВС-а на поправку. Када се вагон искључи из саобраћаја он се олиста одговарајућом листицом и од тада се сматра да је вагон неисправан односно почетак његове имобилизације. Подаци о том искљученом

вагону уписује прегледач кола у дневник прегледача кола ТК-32 на сваком прегледном месту. Било каква анализа неисправног колског парка на територији рада ОЈ ТКС Пожега при оваквом начину вођења података није могућа. Зато се приступило изради софтверског решења (информациони подсистем текућег одржавања ТЕКОД), који би требао да омогући сагледавање и анализу неисправног колског парка.

3. ЕЛЕМЕНТИ ИНФОРМАЦИОНОГ ПОДСИСТЕМА

Као и код осталих информационих система, првенствени задатак је да се одређене улазне величине (улази) претворе у потребне излазне величине (излазе).

Улазне величине овог информационог подсистема су управо подаци вођени у дневнику прегледача кола на свим прегледним местима скупљани перманентно током целе године. То су следећи подаци:

- Место олистивања вагона;
- Датум олистивања вагона;
- Индивидуални број вагона;
- Број воза из кога је вагон искључен;
- Врста листице којом је вагон олистан (ТК-34 или ТК-36);
- Број листице оштећења (ТК-33) и број процене колске штете (ТК-37);
- Да ли је вагон празан или товарен;
- Врста оправке због кога се вагон олиста (То, Ио, Кп);
- Датум и место последње инвестиционе оправке (ревизије);
- Разлог олистивања (искључења) вагона разврстан у 488 шифри по упутству 253;
- Шифра квара (11 шифри) по упутству 253;
- Радионица за коју је вагон олистан;
- Датум изласка из радионице оправке (само из две ресорне радионице ЗОВС-а Пожега и Лајковац)
- Радник који је вагон олистао (сви радници имају своју шифру).

¹ Милорад Павић дипл. маш. инж, шеф ОЈ ТКС-а Пожега, e-mail: pajom@ptt.yu

² Проф. др Војкан Лучанин, машински факултет, Београд, e-mail: vlucanin@alfa.mas.bg.ac.yu

Изразне величине су информације које представљају обрађене податке прикупљене са свих прегледних места. Свакодневним уношењем тих података, са свих шест прегледних места, у информациони систем може се доћи до информација у дневној анализи искљученог колског парка. Најчешће коришћене информације су:

- Дневни “листинг“ неисправних вагона који чекају оправку;
- Исправност индивидуалних бројева вагона (испитује подпрограм исправност броја према UIC – 913);
- Перманентна контрола правилног рада прегледача кола;
- Избегавање непотребног задржавања вагона у текућој оправци ако му је рок неке друге оправке (Кп или Ио) близу, или је истекао;
- Узимање у рад радионице ЗОВС-а приоритетних серија вагона за поравку.

4. РАД СА ИНФОРМАЦИОНИМ ПОДСИТЕМОМ “ТЕКОД”

Свакодневно се прикупљају подаци уписани у дневнику прегледача кола ТК-32 телефонским путем са свих шест прегледних места.

Унос података у информациони подсистем врши се преко улазне форме програма која има редослед уноса ко што је у обрасцу ТК-32 из кога се и уноси. При уносу свих података контролише се индивидуални број вагона. У случају да је неисправан, додатном контролом се установи да ли је грешка у упису броја у дневнику прегледача кола или је неисправно уписан број на вагону. При уносу новог броја вагона добија се историја тог вагона ако је он пре тога био олиставан (искључиван). По уносу података са свих прегледних места могу се вршити различити упити и статистичке анализе.

Највише примењиване су следеће:

- Претраживање искључених вагона у датумском интервалу;
- Претраживање по индивидуалном броју вагона;
- Тренутно стање неисправног колског парка у целој ОЈ или у појединим радионицама ЗОВС-а. Овај упит се највише користи у свакодневном раду са овим програмом;
- Преглед неисправног колског парка по врстама оправке и врстама квара;
- Преглед по серијама вагона у односу на врсту оправке, врсту листице којом је вагон олистан и врсту квара;
- Преглед рада прегледача кола у одређеном периоду (шта је ко од прегледача урадио).

Поред дневних анализа искључених вагона могу се урадити месечне, кварталне или годишње анализе.

5. АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИЈА ЗА 2001. ГОДИНУ ИЗ ПРОГРАМА “ТЕКОД”

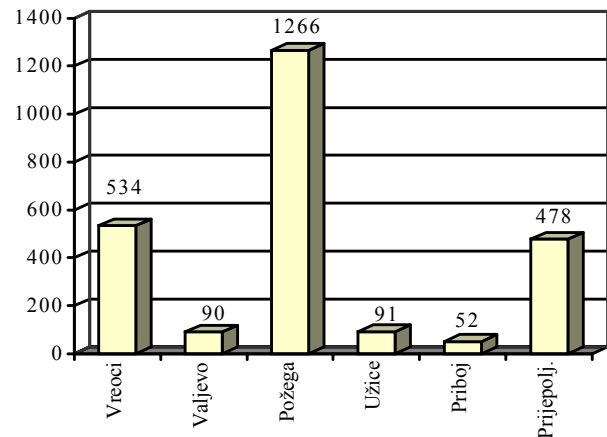
У 2001. години са свих 6 прегледних места регистровано је укупно 3257 вагона.

Врста листице којом су олистани вагони приказана је на табели 1. Евидентирани су и бројеви вагона који нису олиставани због потребе праћења вагона и евентуалног искључења из саобраћаја који чине затворене гарнитуре вагона намењених специфичним превозу угља и и истовару на превртачу.

Табела 1. Олистани вагони по врсти листице

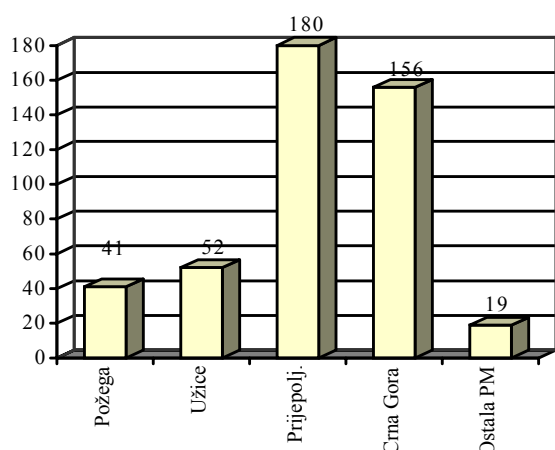
| Врста листице | ТК-36 | ТК-34 | ТК-33 | Нису олистани |
|---------------|-------|-------|-------|---------------|
| Број вагона | 2253 | 921 | 448 | 83 |

Олиставање неисправних вагона по прегледним местима приказано је на слици 1. То су збирни подаци за све олиставане вагоне који су увођени у дневник прегледача кола.



Слика 1. Број олистаних вагона по прегледним местима

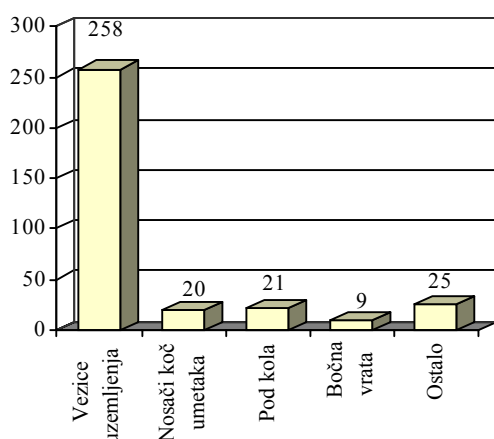
Број вагона олистаних са листицом оштећења ТК-33 по прегледним местима на територији ОЈ ТКС Пожега приказан је на слици 2. Са датог графика се види да је већи број оштећених вагона приспео са територије Црне Горе, као и велики број оштећених вагона из правца Црне Горе олистаних листицом оштећења у Пријепољу-теретна. Број вагона олистаних листицом оштећења приспелих са територије Црне Горе у зависности од места олиставања приказани су у табели 2. Ако се само посматрају вагони оштећени на територији Црне Горе, они који су већ олистани на територији Црне Горе и они који су олистани у прегледном месту Пријепоље-теретна а приспели су са територије Црне Горе (од 180 испостављених листица оштећења 177 вагона је приспело из правца Црне Горе). Разлог њиховог олиставања приказан је на слици 3.



Слика 2. Број олистаних вагона листицом оштећења по прегледним местима

Табела 2. Олистани вагони листицом оштећења са територије Црне Горе

| Место олистављања | Б.Поље | Бар | Подгор. | Никшић |
|-------------------|--------|-----|---------|--------|
| Број вагона | 37 | 2 | 6 | 111 |



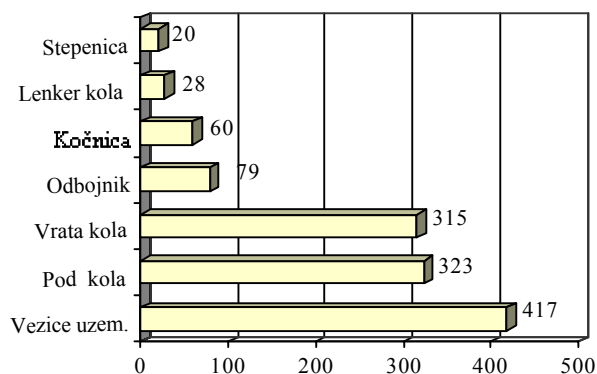
Слика 3. Број олистаних вагона листицом оштећења из правца Ц.Горе по врсти кавара

Радионице ЗОВС-а Пожега и Лајковац извршиле су текућу оправку са откачивањем на теретним и путничким вагонима за наведени период према табели 3.

Табела 3. Број поправљених вагона по радионицама

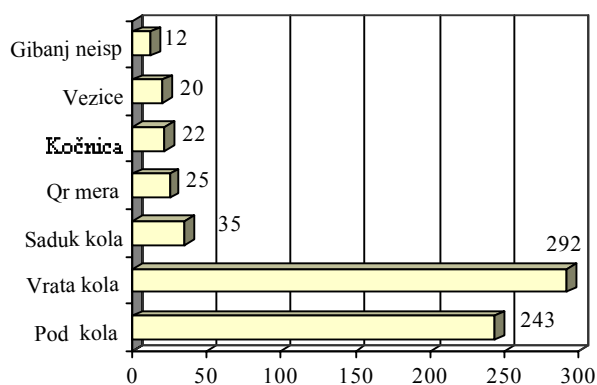
| Врста вагона | Теретни | Путнички | Укупно |
|--------------|---------|----------|--------|
| Пожега | 1236 | 45 | 1281 |
| Лајковац | 703 | 3 | 706 |

Од укупно поправљених вагона у радионици Пожега најчешћи разлози олистављања вагона приказани су на слици 4.



Слика 4. Најчешћи кварови вагона у радионици Пожега

Од укупно поправљених вагона у радионици Лајковац најчешћи разлози олистављања вагона приказани су на слици 5.



Слика 5. Најчешћи кварови вагона у радионици Лајковац

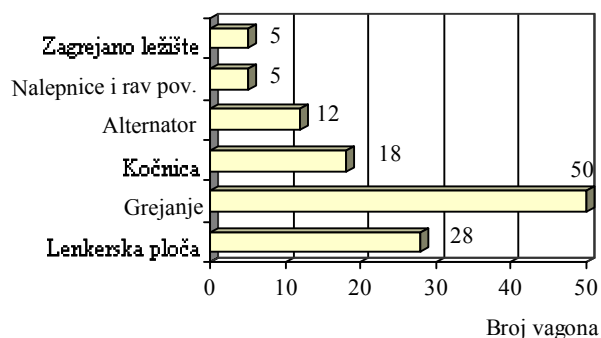
Број олиставаних путничких вагона приказан је у табели 4.

Табела 4. Број олиставаних путничких вагона по врсти листице

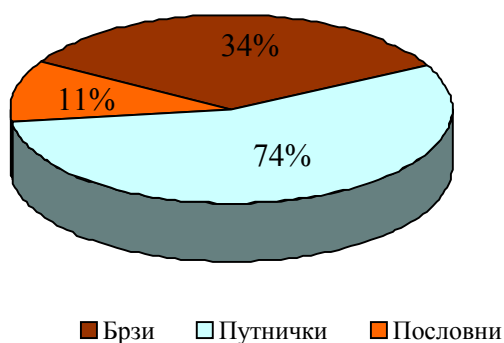
| Врста листице | ТК-36 | ТК-34 |
|---------------|-------|-------|
| Број вагона | 47 | 116 |

Од укупног броја неисправних путничких вагона најчешћи кварови приказани су на слици 6. Из приложеног графика може се уочити да су два најчешћа квара путничких вагона: лом ленкерске плоче на обртном постољу и квар електричног грејања.

Ако се анализирају врсте возова из којих су искључивани путнички вагони, долази се до информација представљених на слици 7.

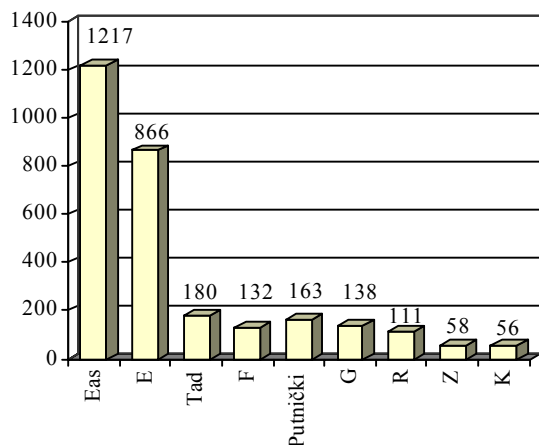


Слика 6. Најчешћи кварови путничких вагона



Слика 7. Број олиставаних путничких вагона по врсти листице

Преглед олиставаних вагона по серијама евидентираних у информационом подсистему приказан је на слици 8.



Слика 8. Олистани вагони по типу вагона

Задржавање вагона у радионицама ЗОВС-а, односно имобилизација вагона поправљаних у ове две радионице по месецима приказано је у табели 5.

Поред горе наведених статистичких анализа, могу се из прикупљених података добити и друге врсте информација:

- Број вагона олистаних за друге радионице;
- Периодични преглед рада прегледача кола;
- Анализе поновљених кварова на вагонима и тд.

Табела 5. Поправљени вагони на територији ТКС-а Пожега

| Месец | Укупно урађено вагона | Просечно задржавање (број дана) |
|----------------|-----------------------|---------------------------------|
| Јануар | 127 | 24,6 |
| Фебруар | 163 | 12,9 |
| Март | 134 | 10,5 |
| Април | 167 | 13,5 |
| Мај | 155 | 27,8 |
| Јун | 147 | 7,7 |
| Јул | 215 | 9,4 |
| Август | 206 | 14,8 |
| Септембар | 184 | 17,5 |
| Октобар | 238 | 23,1 |
| Новембар | 141 | 16,7 |
| Децембар | 144 | 11,6 |
| Укупно за 2001 | 2021 | 15,9 |

6. ЗАКЉУЧАК

Успешном применом описаног информационог подсистема, у свакодневном раду ОЈ ТКС-а Пожега, постижу се значајни резултати.

Код неисправног колског парка на потезу барске пруге у 2001. години могу се уочити неколико карактеристичних проблема:

1. Велики број оштећених вагона на територији Црне Горе (Никшић) на којима је док су вагони боравили на истовару отуђена знатна количина бакарних везица уземљења.

2. Неисправност отворених вагона (E/Eas) карактеришу кварови на поду и бочним вратима. Та оштећења настају неправилном употребом вагона. Потребно је већу пажњу посветити примопредаји вагона странци на утовар и истовар, и све штете код оштећења које настану при том требало би и наплатити. Као што се и види из горњих графикана, ове врсте квара чине око 60% свих кварова. Остале неисправности ових вагона су ређе присутне.

3. Неисправност путничких вагона карактеришу неисправно грејање путничких вагона и пуцање ленкерске плоче на обртном постољу "Wegman". За неисправност грејања одговорне су полазне станице, тако да је могућност поправке на превозном путу врло мала. Замена ленкерских плоча врши се успешно у радионицама ЗОВС-а.

Ово су први резултати информационог праћења неисправног колског парка. Обзиром да су резултати локалног карактера, за оцену поузданости појединих серија вагона требало би анализирати целокупно стање неисправног колског парка ЖТП-а, што би требало у најскорије време и урадити.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Павић, М.: Информациони подсистем текућег одржавања и праћења железничких вагона на делу барске пруге Вреоци-Пријеполје, специјалистички рад, Машински факултет, Београд, 2001.
- [2] Павић, М., Лучанин, В.: "Развој информационог подсистема текућег одржавања и праћења железничких вагона на делу барске пруге Вреоци-Пријеполје" *Železnice* vol.58, 3-8 januar-februar 2002. *Želnid*.
- [3] Ивановић, Г., Ивковић Д.: "Ефекти информационог система за управљање системом одржавања аутобуса", Конгрес JISA, Херцег Нови 04-09. јун 2000.
- [4] Ласица, Д., Мандић, Д.: Предлог формирања савремене базе података процеса одржавања железничких кола, дипломски рад, Саобраћајни факултет, Београд, 1998.

INVESTIGATION EFFECTIVITY OF RAILWAY ROLLING STOCK USE DEVELOPED INFORMATION SUB- SYSTEM OF CURRENT MAINTENANCE

Milorad Pavic, Vojkan Lucanin

Abstract – The paper gives results maintenance and monitoring rolling stock out of order treated by information sub-system of the current maintenance and monitoring incorrect rolling stock (TEKOD) on a Belgrade-Bar line section for period January-December 2001. Use of this sub-system can be assessed from the standpoint of timely and complete information on the technical status of rolling stock out of order, which is out of order, increased availability of wagons, reduction of numbers of defective wagons, provision of monitoring the status of defective rolling stock by individual numbers, types of defects, places of putting out of service and by series.

Key words – information system, maintenance, software, railway

ПОУЗДАНА ДИЈАГНОСТИКА ПНЕУМАТСКИХ КОЧНИХ СИСТЕМА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА

Душан Стаменковић¹, Слободан Јовановић², Миодраг Арсић³, Драган Живановић⁴

Резиме - Кочни систем је један од најважнијих склопова железничког возила с обзиром на функционалност и безбедност. Сваки контролни преглед и главна оправка возила укључују испитивање кочног система. Испитивање кочнице се састоји из провере електронпнеуматског система и контроле механичког дела кочнице. Пнеуматски кочни систем се испитује тако што се сними промена притиска ваздуха у инсталацији возила у току закачења и откочивања. Помоћу мерног записа о трајању пораста или пада притиска у воду кочних цилиндара и главном ваздушном воду одређује се исправност пнеуматског кочног система. Аутоматски електронски мерни систем ВАКО-ТЕСТЕР је пројектован и произведен од стране стручњака Електронског и Машинског факултета а испоручен је фабрици МИН "Локомотиви". Овај уређај обезбеђује поуздано мерење и регистровање а поред тога и аутоматско читавање резултата. У раду су изложени мерна метода, конфигурација уређаја и могућност примене.

Кључне речи: Дијагностика, одржавање, железничка возила, кочница.

1. УВОД

Основни захтев који се поставља пред стручњацима и руководством Сектора за одржавање возних средстава наше железнице јесте обезбедити задовољавајући ниво расположивости возних средстава како би се омогућило квалитетније обављање основне делатности железничко транспортног предузећа пружање транспортних услуга односно превоз путника и робе.

Нашој железници предстоје суштинске промене раздвајањем инфраструктуре и експлоатације као и трансформацијом својине што ће, све укупно, имати пресудан утицај на организацију одржавања возних средстава. Одржавање ће морати да се одреди према захтеву тржишта и окрене комерцијалном начину пословања.

Повећање расположивости односно смањење имобилизације возних средстава се може остварити, између осталог, и повећањем ефикасности одржавања.

Да би се обезбедило квалитетно и ефикасно одржавање потребно је спровести бројне мере као што су реорганизација система одржавања, измена постојећих нормативних аката, увођење савремених дијагностичких поступака, реконструкција постојећих капацитета, свеобухватно увођење информационих технологија (дијагностика, мониторинг, експертни системи, планирање и праћење резервних делова, евиденција прегледа, кварова и оправки возила и сл.) едукација кадрова итд. Стручњацима из области одржавања предстоје бројне и комплексне активности на које треба да усмере своје ангажовање.

Без обзира на бројна отворена питања у погледу будуће организације одржавања, одређене активности се могу спроводити не чекајући исход наступајућих трансформација. Једна од таквих активности је увођење савремених дијагностичких поступака у процес

одржавања железничких возила.

Пример таквог ангажовања је пројектовање и израда аутоматског електронског мерног система ВАКО-ТЕСТЕР у сарадњи Електронског и Машинског факултета из Ниша на захтев МИН АД "Локомотива".

2. ЗНАЧАЈ ДИЈАГНОСТИКЕ У ОДРЖАВАЊУ ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА

Развојем електронике и сензорске технике последњих година, дијагностика је доживела револуционарни развој и тако омогућила значајно повећање ефикасности процеса одржавања.

Техничка дијагностика је саставни део процеса одржавања према стању и она треба да утврди техничко стање саставног дела система са одређеном тачношћу. То је, уствари, дисциплина која се бави препознавањем техничког стања система. Дијагностиком се може вршити провера исправности, провера радне способности, провера функционалности техничког система или истраживање отказа.

Дијагностички параметри могу бити посредне – индивидуалне величине повезане са структурним параметрима (нпр. зазор у лежају) али и директне информације о техничком стању система (нпр. притисак уља). То могу бити параметри радних процеса (јачина струје, сила, притисак, снага, и сл.), параметри пропратних процеса (температура, бука, вибрације, и сл.) и геометријски параметри (зазор, слободан ход, и сл.). Дијагностички параметри се могу јавити као непрекидне, дискретне или случајне величине. У пракси се често догађа да за дијагнозу стања неког сложеног система треба применити велики број дијагностичких инструмената као и више метода дијагностицирања истовремено/комбиновано.

У одржавању железничких возила најчешће се примењују следећи дијагностички поступци:

¹ др Душан Стаменковић, доцент, Машински факултет Ниш, ул. Београдска 14; dusans@masfak.ni.ac.yu

² др Слободан Јовановић, асист. Машински факултет Ниш, ул. Београдска 14; jovanovics@masfak.ni.ac.yu

³ др Миодраг Арсић, ред.проф. Електронски факултет Ниш, ул. Београдска 14; marsic@elfak.ni.ac.yu

⁴ др Драган Живановић, асист. Електронски факултет Ниш, ул. Београдска 14; dzile@elfak.ni.ac.yu

- дијагностика површина;
- дубинско испитивање материјала;
- термичка дијагностика;
- дијагностика вибрација;
- анализа звучне емисије;
- дијагностика честица и микроанализа;
- комбиновани поступци система дијагнозе уређаја.

Уколико је у процесу одржавања заступљена техничка дијагностика на вишем нивоу аутоматизације и са свеобухватном подршком рачунара, то је одржавање железничких возила ефикасније. То показује пример одржавања ICE возова у Немачкој.

У оквиру експлоатације 60 гарнитура возова великих брзина (генерације ICE 1) у периоду 1991-1995 разрађен је и усавршен изузетно флексибилан систем одржавања који се карактерише следећим:

- савремени дијагностички систем подржан рачунаром, инсталиран у возу, омогућава да се током вожње идентификују и региструју кварови;
- рачунар врши класификацију кварова тако да се један део кварова аутоматски отклања сигналом из компјутера, други део, после сигнализирања од стране компјутера, отклања технички пратиоц воза док се остали кварови систематизују по приоритетима (постоји пет приоритета) и информације о томе шаљу, радио везом, једном од три депоа (Берлин, Минхен и Хамбург) где се кварови отклањају у оквиру неког наредног планског прегледа;
- плански прегледи и оправке се обављају после одређеног броја пређених километара уз толеранцију од 20% што обезбеђује флексибилно управљање одржавањем;
- упошљеност капацитета у депоима за одржавање се такође флексибилно планира тако да особље депоа ради у турнусима уз постојање радника у резерви чиме се ефикасно обављају ванредне оправке.

Овакав систем одржавања је обезбедио изузетно високу расположивост возова од 95% а у празничним шпичевима буде у саобраћају и по 59 па и свих 60 гарнитура. Широко заступљену дијагностику гарнитура ICE возова омогућава висок технички ниво производње ових возила односно велики број инсталираних сензора који снимају одређене функционалне параметре. Адекватна софтверска подршка омогућава беспрекорно управљање одржавањем.

3. ДИЈАГНОСТИКА ПНЕУМАТСКИХ КОЧНИХ СИСТЕМА КОД ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА

Код железничких возила, а посебно код вучних, кочница је један од најважнијих склопова са аспекта функционалности и безбедности. Због тога се у одржавању возила (локомотиве, путничка и теретна кола, пружна возила и приколице) посебна пажња посвећује овом склопу.

Тако се у свим контролним прегледима вучних возила (По, П1, П3, П6 и П12) обавља детаљна провера свих функција пнеуматског, електропнеуматског и механичког дела кочног система. Механички део

кочнице (кочно полужје, кочни дискови и кочни уметци) се контролише визуелно, док се пнеуматски (кочници, распоредници, преносачи притиска, кочни цилиндри, ваздушни водови, резервоари и манометри) и електропнеуматски (електропнеуматски вентили, будник, и сл.) контролишу испитивањем радне способности. У инвестиционим оправкама вучних возила врши се разградња свих виталних уређаја, резервоара за ваздух и манометара и после оправке се испитује њихова исправност на специјалним пробницама. После уградње на возило и повезивања целокупног кочног система врши се испитивање заптивности и дејства кочнице односно радне способности кочног система. Ово испитивање се врши према утврђеној процедури у различитим режимима кочења и представља завршну контролу кочног система пред излазак возила у саобраћај односно пре брзинске пробне вожње.

Одржавање кочница путничких и теретних кола обухвата преглед кочног полужја и кочних уметака, ваздушних водова и спојева, кочних цилиндара, ваздушних резервоара као и изаптивности и дејства кочнице.

Испитивање дејства кочнице код кола, као и код вучних возила, обавља се према утврђеној процедури која је прописана у Упутству ЈЖ 245. Приликом испитивања заптивности и дејства кочнице врши се мерење притиска и времена и на основу поређења измерених вредности ових дијагностичких параметара и прописаних граничних величина доноси се оцена о исправности кочнице. Резултати овог испитивања представљају својеврсни атест за кочницу возила и због тога се мерни запис са испитивања чува у радионици најмање две године.

У депоима Секција за одржавање возних средстава ЖТП Београд и радионицама ремонтних организација у нашој земљи, испитивања заптивности и дејства кочница железничких возила се обављају уређајима, тзв. дијаграм сатовима, који су механички и раде на принципу бурдонових цеви. Овакви уређаји су недовољно поуздани и застарели. С обзиром на значај испитивања, потребно је да се замене савременим електронским уређајима и тако повећа поузданост мерења и унапреди одржавање кочница железничких возила.

За испитивање функционалности кочница тзв. снимање дијаграма кочница, поред поменутих механичких дијаграм сатова, код нас се користе и савремени уређаји са сензорима притиска, претварачима уз подршку рачунара. Тако у МИН АД "Локомотива" постоји мерна опрема производње НВМ Немачка са софтвером Next View за РС којом се обављају снимања силе пресовања тачкова на осовине као и провера карактеристика спиралних опруга и гуменометалних елемената огибења а повремено врши и испитивање функционалности кочница локомотива серије 441, 461 и 661. Од краја 2001. године у Погону "15 април" у Макишу у употреби је уређај ПИКО 4 производње МЗТ Хепос Македонија, којим се испитивање кочнице обавља мерењем и меморисањем мерних података на рачунару. Ови уређаји обезбеђују високу прецизност мерења али, с обзиром на високу софистицираност опреме, неопходно је да мерење

обављају инжењери.

По захтеву МИН АД "Локомотива", да би ово испитивање могли да обављају и радници без високе стручне спреме и без посебне едукације, пројектован је и израђен аутоматски електронски мерни систем ВАКО-ТЕСТЕР.

4. АУТОМАТСКИ ЕЛЕКТРОНСКИ МЕРНИ СИСТЕМ ВАКО-ТЕСТЕР

Аутоматски електронски мерни систем ВАКО-ТЕСТЕР је пројектован од стране Лабораторије за процесну мерну технику Института Електронског факултета у Нишу, по наруџбини МИН АД "Локомотива" која је поставила захтев да се замени, дотада коришћен механички уређај са бурдоновом цеви новим, савременим, прецизним и поузданијим уређајем за мерење и регистровање притиска ваздуха у функцији времена. Реализацију овог захтева су остварили стручњаци Електронског и Машинског факултета Универзитета у Нишу у сарадњи са инжењерима и техничарима, специјалистима за кочну технику, фабрике за ремонт и производњу железничких возила МИН АД "Локомотива".

Уређај ВАКО-ТЕСТЕР ВК 10А је савремено пројектован мерни систем који у основи садржи одговарајуће мерне претвараче притиска, електронске блокове за обраду мерних сигнала и индикацију, микропроцесорску рачунарску јединицу, графички штампач и блок аутономног напајања целог уређаја. Аутоматски рад уређаја омогућава наменски развијен и уграђен софтвер који управља свим програмима мерења (12+1), израчунава функционалне параметре кочења, обавља поступке регистровања и остварује комуникацију са другим екстерним рачунаром. Изглед уређаја је приказан на слици 1.



Слика 1. Изглед мерног уређаја ВАКО-ТЕСТЕР ВК 10А

ВАКО-ТЕСТЕР ВК 10А је двоканални мерни систем првенствено намењен за притиске до 10 бара, прикључен, преко брзовезујућих спојница, на главни вод и вод кочних цилиндара пнеуматске инсталације

железничких возила. Међутим уређај је тако пројектован да омогућава проширивање постојеће конфигурације са још једним или два додатна мерна канала.

Уређај је снабдевен пиезоотпорним електронским мерним претварачима чији је мерни опсег 0-10 бара, а максимални притисак преоптерећења је 20 бара. Ови сензори претварају податак о величини ваздушног притиска у електронски сигнал који се у електронским блоковима уређаја појачава и допрема до индикатора и регистратора. Сваки мерни канал се прикључује на ваздушну инсталацију возила преко брзовезујућих спојница УТ1-23 и ХВ1-23. На предњој плочи се налазе индикатори и командни тастери. Измерени подаци се региструју и графички приказују на папирној траци (ширине 80 mm) EPSON штампача. На предњој страни уређаја смештена су два 9-то пинска конектора за повезивање преко интерфејса RS232 и RS485 тако да се мерни подаци могу, у току мерења, пренети на РС рачунар. Мерни уређај је снабдевен аутономним батеријским напајањем – батерија која садржи три херметички заливена оловна гел акумулатора карактеристика 12V/7Ah. Акумулатори се пуне прикључивањем кабла за напајање уређаја на мрежни напон (220V). Микропроцесорска рачунарска јединица и специјални, наменски развијен и инсталиран, софтвер обезбеђује програмску обраду тј. анализу мерних величина и аутоматско исписивање података о промени времена и притиска.

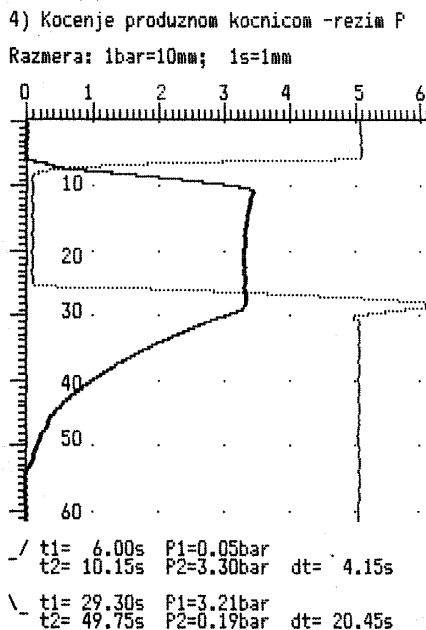
Сви поменути делови уређаја су смештени у компактном кућишту које штити унутрашњу опрему од механичких оштећења а пошто је уређај концепиран као мобилни то су уграђене ручице које омогућавају преношење до места мерења. Обликом и конструкцијом уређај је прилагођен за употребу у индустријским условима.

Руковање уређајем ВАКО-ТЕСТЕР је максимално упрошћено. Осим прекидача за укључивање и искључивање уређаја, командних тастера за старт и стоп програма, прекидача за укључивање/искључивање штампача постоји и командни тастер за избор врсте индикације на универзалном четвороцифарском седмосегментном LED индикатору односно за постављања једног од четири врсте приказа дисплеја (приказ избора програма; приказ протеклог времена; приказ вредности притиска на оба канала; приказ стања пуњења батерије). У случају било какве неисправности (недостатак папирне траке у штампачу, пад напона у батерији, и сл.) индикатори упозоравају блинкањем.

Софтвер поседује 12 различитих програма за одређене процедуре мерења (режиме кочења) у којима се, поред графичког приказа (дијаграм притисак-време) врши аутоматско исписивање података о промени времена и притиска. Поред тога постоји и посебан тзв. "слободан програм" који нема аутоматско исписивање података већ даје само графички приказ и оставља руковоцу да сам читава жељене податке. Ових 12 програма је развијено према мерним листама за испитивање кочнице електричних локомотива серије 441 и 461 и дизелелектричних локомотива серије 661 и усаглашени су са Упутством 245 ЈЖ за одржавање кочница железничких возила. То су следећи програми: заптивност главног вода, заптивност вода кочних

цилиндара, кочење продужном кочницом -режим G, кочење продужном кочницом - режим P, кочење продужном кочницом - режим R, осетљивост распоредника, постепено кочење продужном кочницом, кочење уређајем будности, кочење славином у случају опасности, кочење локомотивском кочницом, постепено кочење локомотивском кочницом и кочење ауто стоп уређајем.

Документ који се добија након испитивања функционалности кочнице (снимања дијаграма кочнице) је трака на којој се налазе називи програма који су снимљени, дијаграми промене притиска у временској бази и подаци о вредностима притиска у почетној и крајњој тачки одређеног процеса и времену трајања процеса. На слици 2. дат је изглед дела записа са испитивања извршеног са уређајем ВАКО-ТЕСТЕР у фабрици МИН АД "Локомотива".



Слика 2. Запис са мерења "Кочење продужном кочницом – режим P"

5. ЗАКЉУЧАК

Применом аутоматског електронског мерног система ВАКО-ТЕСТЕР уместо старог дијаграм сата, у фабрици МИН АД "Локомотива" је значајно побољшан квалитет оправке кочних уређаја и поузданост возила која се ремонтују. Основне предности овог уређаја, у односу на механички "дијаграм сат" су:

- изузетна тачност и висока прецизност у мерењу функционалних параметара кочнице;
- лако управљање уређајем без потребе за специјалном обуком;
- аутоматско читавање измерених резултата чиме се онемогућавају индивидуалне грешке оператера;
- значајно смањена могућност појаве случајних или намерних грешака у мерењу;
- потпуна прилагођеност индустријским условима мерења и прописаним процедурама контроле овог склопа.

Микроелектроника је, последњих година, битно утицала на развој сензорске технике. После развоја аналогних и дигиталних, данас су широко распрострањени интелигентни сензорски системи који, поред регистровања мерних величина, врше прераду и анализу података а, по потреби, дају и налог/сугестију за наредну активност.

Мерни уређај ВАКО-ТЕСТЕР ВК 10А је савремени интелигентни сензорски систем за функционалну контролу кочница железничких возила.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Адамовић Ж. "Технологија одржавања" Технички факултет "Михајло Пупин" Зрењанин 1998.
- [2] Bauer G. "Maintenance of ICE Train Sets"-Railway Technical Review, N3 1996.
- [3] Moubraj J. "Maintenance management - A new Paradigm" MAINTENANCE Vol 11, 1996. No1, 3-14
- [4] Николић З., Стаменковић Д., Јованчић И., Ђорђевић М. "Испитивање функционалности кочнице у оквиру ремонта локомотива", Зборник радова са симпозијума Техника шинских возила, 1998. стр.233-236.
- [5] Stanivuković D., Petrović B. "Savremeni prilazi unapređenju održavanja" str.431-440, Kragujevac 1998
- [6] Stoiljković V. "Merenje mehaničkih veličina električnim putem" Univerzitet u Nišu, 1980.
- [7] Sturm A., Forster P. Maschinen – und Anlagendiagnostik für die zustandsbezogene Instandhaltung, Technische Hochschule Zittau, Stuttgart 1990.

RELIABLE DIAGNOSTIC OF RAILWAY VEHICLE COMPRESSED AIR BRAKE SYSTEM

Dušan Stamenković, Slobodan Jovanović, Miodrag Arsić, Dragan Živanović

Abstract – According driving function and safety of railway vehicle brake system is an of the most important unit. Every scheduled inspection and major overhaul of vehicle include technical inspection of the brake system. Brake function test consists of electric-air system inspection and mechanical brake part inspection. Air brake system is tested by recording of air pressure change during the braking and releasing. According measuring record, at the base of duration of growing up or falling down of air pressure in brake cylinder pipe and in main brake pipe it is estimated accuracy of vehicle air brake system. Automatic electronic measure system VAKO-TESTER is designed and produced by experts from Electronic and Mechanical faculty and delivered to MIN Lokomotiva. This equipment estimates reliable measure and record and besides automatically take out results. Measure method, equipment configuration and possibility of application are presented in this paper.

Key words – Diagnostic, maintenance, railway vehicles, brake.

DIJAGNOSTIKA VIBRACIJA U FUNKCIJI EFIKASNIJEG REMONTA ELEKTRIČNIH LOKOMOTIVA

Dušan Tonic¹, Nikola Vučković²

Rezime: Primena tehničke dijagnostike, posebno dijagnostike vibracija, je postala nezamenljiv faktor u savremenom održavanju železničkih vozila. U fabrici AD "Lokomotiva" je počela primena dijagnostike vibracija kada je kupljen višenamenski uređaj T-30. Izvršeno je merenje vibracija ventilatorskog sklopa vučnih blokova električne lokomotive. Analiza dobijenih rezultata je bila važna za utvrđivanje osnovnih pretpostavki za nadzor ovakvih uređaja u budućem održavanju. Ovakav pristup predstavlja napuštanje tradicionalnog održavanja i unapređenje u održavanju železničkih vozila kao i porast raspoloživosti vozila i smanjenje troškova održavanja.

Ključne reči: Vibracije, dijagnostika, železnička vozila.

1. UVOD

Osnovni cilj praćenja stanja nekog mašinskog sistema je ostvarivanje maksimalno dugog vremenskog perioda u kome taj sistem funkcioniše korektno kao i smanjenje broja otkaza u eksploataciji.

Savremene težnje u održavanju tehničkih sistema usmerene su ka razvoju dijagnostičkih tehnika. Od posebne važnosti su metode kod kojih se kvarovi otkrivaju bez demontaže postrojenja. U takve svakako spadaju vibracione metode.

Potreba izučavanja dinamičkih karakteristika sklopova za različite uslove i režime rada proističe iz činjenice da su vibracije svojstvene za sve sklopove sa relativnim kretanjem jednih elemenata u odnosu na druge. Svaki mehanički sistem generiše vibracije na jedinstven način. Vibracioni signali se mogu iskoristiti kao pokazatelji mehaničkog stanja ispitivanog objekta.

Vibracije kao oscilatorni proces karakteriše: amplituda, učestanost i faza vibracionih pomeranja, brzina i ubrzanja. Za analizu je neophodno pratiti učestanost i amplitudu vibracionog signala. Učestanost vibracija otkriva tip oštećenja, dok vrednost amplitude pokazuje stepen oštećenja.

Za ispitivanje vibracija se koriste brojne metode od kojih su najčešće primenjivane:

- metoda opšte vibracije
- metoda obvojnice spektra brzine ili ubrzanja.

Metoda opšte vibracije zasniva se na merenju ukupne vibracione energije i upoređivanju sa odgovarajućim normiranim vrednostima.

Reprezent vibracione energije može biti pomeranje, brzina ili ubrzanje - tri različite fizičke veličine koje su matematički povezane.

Metoda obvojnice (ENVELOPE) sastoji se u tome da se vibracioni signal filtrira i dobija jedna konstantna vrednost ujednačene amplitude i velike učestanosti - «tepih» koji predstavlja osnovni šum i vrednosti koji je prevazilaze većom amplitudom ali nižom frekvencijom.

Ovaj kompleksni parametar je nezamenljiv u otkrivanju signala prouzrokovanim prisutnim oštećenjem ležaja.

Uređaj T-30 SPM, koji poseduje fabrika MIN

AD "Lokomotiva", identifikuje kako ukupnu energiju vibracije (metoda opšte vibracije), tako i obvojnici spektra brzine vibracije (kojom se definiše stanje ispitivanog ležaja - SPM udarno-impulsni metod).

2. VIBRACIJE MAŠINSKIH POSTROJENJA

Vibracije mašinskih postrojenja mogu biti:

- linearne i nelinearne
- stacionarne i nestacionarne
- periodične i neperiodične
- autonomne i neautonomne (prinudne)

parametarske, samozvane, slučajne.

Periodične vibracije se dele na:

-harmonijske - monofrekventni diskretni spektar

-poliharmonijske - polifrekventan diskretni spektar.

Udarno - impulsne vibracije imaju kontinualan spektar.

Poliharmonijske vibracije se opisuju Fourier-ovim redovima i čine skup konačnog broja harmonika, pri čemu se ističe osnovni harmonik.

2.1. Kriterijumi za ocenu dozvoljenih vibracija mašina i uređaja

Mirnoća rada, kao i opšta stabilnost nekog uređaja, se u praksi najčešće određuju prema intenzitetu vibracije i buke.

Kao kriterijum intenziteta vibracija izabrana je brzina vibracija v (mm/s).

Kod harmonijskih vibracija amplituda brzine vibracija služi kao mera dozvoljenih vibracija .

$$v = \sqrt{2}v_{ef} \quad (1)$$

Pošto je $v=A\omega = \text{const}$ za određenu klasu i kvalitet, to je za nižu učestanost dozvoljena veća amplituda i obrnuto.

Kod polifrekventnih vibracija za ovu ocenu merodavna je tzv. "Ekvivalentna amplituda brzine vibracije" V_{eq} , koja je jednaka $\sqrt{2}$ -strukoj kvadratnoj vrednosti trenutne brzine $v(t)$ u toku jednog ciklusa T .

$$v_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt} \quad (2)$$

pa je ekvivalentna amplituda brzine

¹ Dušan Tonic dipl. maš.ing. šef odeljenja mašinske opreme lokomotive MIN HOLDING AD LOKOMOTIVA, Šumadijska 1, 18000 Niš e-mail: eloradan@bankerinter.net

² Nikola Vučković dipl. maš.ing. Branka Krsmanovića 4/23 18000 Niš

$$v_{eq} = \sqrt{2}v_{ef} = \sqrt{\frac{2}{T} \int_0^T v^2(t) dt} \quad (3)$$

Ova vrednost se može odrediti ako se poznaju kružne učestanostii amplitude pojedinih harmonika.

$$v_{eq} = \sqrt{(A_1\omega_1)^2 + (A_2\omega_2)^2 + \dots + (A_n\omega_n)^2} \quad (4)$$

pa je odgovarajuća merodavna ekvivalentna amplituda vibracija:

$$A_{eq} = \sqrt{2}v_{ef/\omega r} = \sqrt{2}v_{ef/2\pi fr} \quad (5)$$

2.2. Klase tačnosti prema intenzitetu vibracija

Prema intenzitetu vibracija predviđene su sledeće klase tačnosti (tabela 1):

1. klasa (K) pojedini delovi mehanizma koji su čvrsto

Tabela 1. Klase tačnosti prema intenzitetu vibracija

| Opseg intenziteta vibracija | | PRIMERI OCENJIVANJA INTENZITETA VIBRACIJA | | | |
|-----------------------------|-----------------|---|------------|------------|------------|
| Granice opsega | | K 1. klasa | M 2. klasa | G 3. klasa | T 4. klasa |
| v_{eff} [mm/s] | v_{eq} [mm/s] | | | | |
| 0.28 | 0.4 | A | A | A | A |
| 0.45 | 0.63 | | | | |
| 0.71 | 1 | | | | |
| 1.12 | 1.6 | B | B | B | B |
| 1.8 | 2.5 | | | | |
| 2.8 | 4 | C | C | C | C |
| 4.5 | 6.3 | | | | |
| 7.1 | 10 | D | D | D | D |
| 11.2 | 16 | | | | |
| 18 | 25 | | | | |
| 28 | 40 | | | | |
| 45 | 63 | | | | |

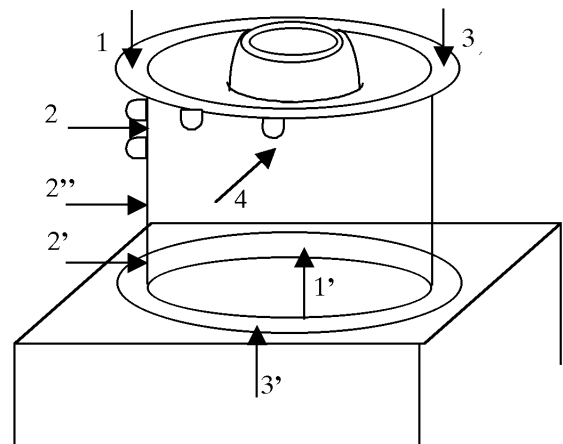
3. MERENJE VIBRACIJA

U okviru redovnih investicionih opravki ranga SO ili GO električnih lokomotiva serije 441 i 461 vrši se razgradnja električnih blokova vuče sa lokomotive i remont ventilacionog sklopa. Od 2001. godine remont ovog sklopa je značajno unapređen u fabrici MIN AD "Lokomotiva" nabavkom merne opreme T-30 za kontrolu stanja kotrljajnih ležajeva i nadzor mašina, proizvodnje SPM Švedska.

Ventilacioni sklop bloka vuče lok. 441 (slika 1) sastoji se od kućišta u koje su smeštena dva motora sa ugrađenim ventilatorima.

Na osnovu velikog broja izvršenih merenja vibracija utvrđeno je da je izbor mernih tačaka veoma bitan za dobijanje kvalitetne informacije o stanju ispitivanog objekta. Na takav zaključak navode sledeće dve činjenice:

- veliko rasipanje dobijenih mernih vrednosti za različita merna mesta (tačke) na istom ispitivanom objektu;
- merna metoda je uporedna (potreba referentnih nivoa vibracija za svaku mernu tačku).



Slika 1. Merne tačke ventilacionog sklopa

vezani za temelj naročito elektromotori do 15 kW,

2. klasa (M) srednje mašine, naročito elektromotori snage od 15-75 kW, bez specijalnih temelja; sem toga čvrsto montirani pogonski prenosnici i mašine (do 300 kW,) sa obrtnim delovima na specijalnim temeljima,

3. klasa (G) veće mašine postavljene na visoko-podešene krute ili teške temelje, veće pogonske i radne mašine samo sa obrtnim masama,

4. klasa (T) veće pogonske radne mašine sa samo obrtnim masama postavljene na nisko-podešene temelje; npr. turbogrupe-naročito sa takvim temeljima koji su izgrađeni po principu lake gradnje.

Svaka klasa ima više stepeni tačnosti, i to:

A - vrlo dobro ili dobro **B** - upotrebljivo

C - još dozvoljeno **D** - nedozvoljeno

Sistematsko merenje vibracija ventilacionog sklopa treba da obuhvati:

- utvrđivanje broja obrtaja motora
- stanje ležajeva na obe strane pomoćnih motora snage 5,5 kw i 4 kw
- vrednost postojećih debalansa posle dinamičkog uravnoteženja, kako ventilatora tako i rotora
- vibracije blokova vuče od S1-S4 kako na radnom stolu (razgrađen sa lokomotive) tako i na lokomotivi.

Merne tačke su izabrane tako da se obezbedi

sveobuhvatna slika vibracija ovog mini sistema.

Izabrane su po dve merne tačke u aksijalnom pravcu :

-Na gornjoj strani u pravcu rebra držača motora (1) i dijametralno suprotno (3).

-Na donjoj strani su merne tačke pomerene za 90 stepeni zbog nemogućnosti prilaza (1') i (3').

-Na gornjoj strani izabrane su još dve merne tačke i to u pravcu rebra (držača motora) između vijaka (2) i za 90 stepeni pomereno ispod rebra držača prirubnice (4)

-Na donjoj strani izabrane su tačke u pravcu rebra i to niža tačka do prirubnice (2'') i viša tačka (150 mm od prirubnice) (2'')

Ventilacioni sklop je oslonjen svojom donjom

prirubnicom na postolje radnog stola i nije pričvršćen. Postolje nije kruto pa ceo sistem koji vibrira pripada klasi 2.

- Pri merenju, pored fiksnih mernih tačaka, vođeno je računa da kućište zauzima uvek isti položaj na postolju.

-Merenje je obavljeno korišćenjem sledeće konfiguracije SPM merne opreme :

- T-30 (bazna jedinica)
- VIC-19 (kabl)
- TRV-22 (prijemnik vibracija)
- TRX-16 (magnetna osnova).

Rezultati merenja su prikazani u tabeli 2.

Tabela 2. Rezultat merenja vibracija [mm/s]

| Datum | | gornja strana | | | | donja strana | | | |
|------------|-------------|---------------|------|-----|-----|--------------|------|-----|-----|
| Lokomotiva | | A | | V | H | A' | | V' | V'' |
| | | 1 | 3 | 2 | 4 | 1' | 3' | 2' | 2'' |
| S1 | pojedinačno | 2 | 5 | 2.5 | 1.2 | 3.8 | 2.7 | 1.8 | 1.2 |
| | oba | 2.9 | 5.4 | 3.7 | 1.2 | 2.2 | 4.3 | 0.6 | 1.7 |
| S2 | pojedinačno | 2.7 | 3 | 1.8 | 1.6 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.3 |
| | oba | 6.4 | 4.8 | 3.8 | 3 | 4.2 | 5 | 1.3 | 2.3 |
| S3 | pojedinačno | 1.3 | 0.9 | 1.2 | 1.3 | 4.9 | 2.6 | 1.2 | 1.6 |
| | oba | 3.7 | 2.9 | 2.5 | 1.4 | 4.9 | 2.4 | 1.2 | 1.7 |
| S4 | pojedinačno | 1.8 | 3.5 | 1.7 | 2.5 | 14.5 | 14.7 | 2.8 | 3 |
| | oba | 25 | 14.5 | 5.9 | 5.2 | 14 | 14 | 3.5 | 4.7 |

Prema podacima dobijenim iz merenja tri kompleta ventilacionih sklopova blokova vuče (lok.441-086, 441-03, 441-414) došlo se do zaključka da se za ocenu ispravnosti vibrirajućeg ventilacionog sklopa može izabrati klasa tačnosti 2. koja predpostavlja:

- zelena zona 0-2,8mm/s
- žuta zona 2,9-7,1mm/s
- crvena zona preko 7,1 mm/s

Koristeći ovako usvojeni kriterijum, na ventilacionom sklopu vučnog bloka S4, ustanovljene su vibracije koje premašuju dozvoljene vrednosti. Izvor povećanih vibracija je donji motor. Pri pojedinačnom uključanju donjeg motora - vibracije u aksijalnom pravcu su iznosile 14,5÷14,7mm/s. A kada se oba motora uključe najveće vibracije utvrđene su na mestu 1 u iznosu od 25mm/s.

Na osnovu dobijenih rezultata, takođe je utvrđeno da merno mesto br 2' (podnožje ventilacionog sklopa) kao i 2'' (tačka 150mm iznad donje prirubnice) treba izbegavati u daljim merenjima. Zbog blizine podnožja, vrednosti dobijene na tim mestima nisu pouzdan indikacioni podatak o stanju vibrirajućeg sistema.

Takodje treba obratiti pažnju da donja prirubnica bude komplarnarna, jer je to mesto oslanjanja.

4. ZAKLJUČAK

Savremeno održavanje železničkih vozila (održavanje prema stanju) podrazumeva široku primenu dijagnostičkih postupaka pomoću kojih se vrši nadzor uređaja i sklopova tokom eksploatacije vozila i na osnovu promena određuje nivo i vreme intervencije (zamene ili opravke). U poslednje vreme, u tome sve značajniju ulogu preuzima dijagnostika vibracija.

S obzirom da svaki tehnički sistem-mašinsko postrojenje ima svoje specifičnosti nemoguće je postaviti

univerzalne i potpuno određene kriterijume za ocenu dozvoljenih vibracija. Zbog toga je neophodno meriti vibracije na određenom uređaju više puta u dužem vremenskom periodu i na osnovu tako stečenog iskustva moguće je doneti određene pragmatične kriterijume.

Tako je pri procenjivanju granice dozvoljenih vibracija kod vibracionog sklopa blok vuče električnih lokomotiva uzeto u obzir:

- veliki broj merenja sklopa i upoređivanje dobijenih vrednosti;
- iskustvo kontrolora koji su ocenjivali stanje u prethodnom periodu.

LITERATURA

- [1] Ž. Adamović: "Tehnička dijagnostika u mašinstvu" Naučna knjiga Beograd 1991.
- [2] SPM Instruction Manuel Machine Condition T30
- [3] A. Sturm, R. Foster: "Maschinen- und Anlagendiagnostik für die zustandsbezogene Instandhaltung" B.G. Teubner Stuttgart 1990
- [4] N. Vučković: "Dijagnostika stanja kotrljajnih ležajeva kod železničkih vozila" diplomski rad - Mašinski fakultet Niš, 2002

VIBRATION DIAGNOSIS DUE TO THE MORE POWERFULL OVERHAUL OF ELECTRIC LOCOMOTIVES

Dušan Tonić, Nikola Vučković

Abstract: *Application of technical diagnosis, vibration diagnosis special, became irreplaceable factor in present maintenance of railway vehicles. Vibration diagnosis was begun to apply in factory AD "Locomotive" when*

multipurpose equipment T-30 was bought. Measure of auxiliary drive of traction block's vibration was done. Analysis of obtained results was important to establish the fundamental supposition for monitoring of this kind of arrangement in future maintenance. This approach presents the leaving of traditional maintenance and the advance of railway vehicles maintenance as well as increasing the availability of the vehicles and bringing down the costs of maintenance.

Key words: *Vibrations, diagnosis, railway vehicles.*

УСКЛАЂИВАЊЕ БУДУЋЕГ РАЗВОЈА ВОЗНИХ СРЕДСТАВА И ИНФРАСТРУКТУРЕ НАШИХ ЖЕЛЕЗНИЦА

Ранђел Богдановић¹⁾, Радисав Вукадиновић²⁾

Резиме: У раду је дато актуелно стање возних средстава и инфраструктуре на нашим железницама са нагласком потребе развоја концепта јединственог железничког техничког система. Предлаже се основни концепт будућег систематичног развоја и модернизације возних средстава (вучних возила и кола) и инфраструктуре на Југословенским железницама у циљу ефикаснијег повезивања са Европским железничким системом.

Кључне речи: железница, систем, возна средства, инфраструктура, развој.

1. УВОД У ПРОБЛЕМ

Наше железнице су део Европског железничког система.

Наш основни стратешки правац за повезивање ЈЖ са Европским железничким системом представљају (на потезу Европског правца Е-85 од Будимпеште до Атине) деонице пруга: Суботица (Шид) – Београд – Ниш, са крацима од Ниша према Софији (у склопу Европског правца Е-70 од Париза – Милана – Трста – Загреба – Београда – Ниша – Софије – Истанбула – до Анкаре и даље на Блиски исток) и од Ниша преко Скопља према Солуну и Атини, у оквиру тзв. Европског транспортног коридора бр. X.

Водеће Европске железнице (Француска, Немачка, Италија и др.) су већ завршиле развојни пут кроз који ми тек треба да прођемо. Оне су одавно прешле са брзине саобраћаја возова од 120 km/h на нивое брзина од 160, 200, 250 и до 300 km/h у редовној експлоатацији.

У досадашњој пракси ЈЖ су овладале техником, технологијом и организацијом за безбедно регулисање и управљање саобраћајем возова у условима сведеним на ниво максималних брзина од 120 km/h тек местимично на појединим деловима наших пруга на коридору X.

За то је предходно потребно остварити хармонизацију техничко-технолошких и других услова који су усвојени од стране железница Европске уније и УИС (Међународна железничка унија) чији су члан и ЈЖ.

2. СТАЊЕ И КОНЦЕПТ ОСПОСОБЉАВАЊА ИНФРАСТРУКТУРЕ У БУДУЋЕМ РАЗВОЈУ НАШИХ ЖЕЛЕЗНИЦА

Железничка инфраструктура обухвата све колосеке и остале стабилне објекте и зграде на пругама и станицама са постројењима за њихову техничку опремљеност где спадају: стабилна постројења електричне вуче, као и сигнално-сигурносни и телекомуникациони уређаји који служе за безбедност и регулисање кретања возова са осталим пратећим средствима.

ЖТП Београд као основни железнички систем у нашој

земљи располаже пругама укупне дужине 3809 km од чега су: 3533 km једноколосечне (97%) и 276 km двоколосечне (7%).

Садашње стање мреже пруга карактеришу следећи основни показатељи:

Способност за дозвољене брзине саобраћаја је следећа сада је само 114 km појединачних делова пруге способно за брзине од 100-120 km/h тј. свега 3%, од 80-100 km/h на 1143 km (30%), од 60-80 km/h на 990 km (26%) и од 40-60 km/h на 1562 km (41%).

Способност пруга у погледу носивости је следећа: за осовинска оптерећења од 22,5 t/o способно је 1688 km (48%), за 20 t/o на 665 km (18%), 18 t/o на 836 km (26%) и до 16 t/o на 280 km (8%).

Максималне брзине возова су данас на главном магистралном правцу (пруге коридора X) мале, на највећем делу испод 100 km/h, а на појединим деоницама и знатно мање од тога (40-60 km/h) управо због слабог техничког стања пруга. Због слабог стања наших пруга пројектоване брзине се на њима реализују на свега око 18% од укупне њихове дужине.

Подсистем електричне вуче обухвата мрежу електрифицираних пруга, монофазним системом 25 kV, 50 Hz у дужини од 1217 km (око 32% од укупне мреже) са 20 EVP (електровучних подстанци).

На магистралним пругама (коридор X) релејним станичним уређајима опремљено је 168 службених места, што чини 74% службених места од укупног броја, док је електромеханичким станичним SS уређајима осигурано 24 службена места (10%) и механичким станичним уређајима старе конструкције 38 службених места (16%). Савремени станични електрорелејни уређаји имају имобилизацију око 40% што јасно указује на неповољно стање тих уређаја.

Магистралне пруге располажу још и следећим пружним уређајима:

- уређаји APB и MZ постоје на 1306 km пруга, што је око 33% свих пруга односно 67% магистралних пруга,
- уређајима телекоманде покривено је 803 km магистралних пруга што чини 41% укупне њихове дужине,
- ауто стоп (AS) уређаји уграђени су само на делу

¹⁾ Др Ранђел Богдановић, в. професор Машинског факултета у Нишу

²⁾ Др Радисав Вукадиновић, доцент Машинског факултета у Нишу

магистралних пруга и пруга опремљених АРВ и МЗ. Уграђено је укупно 1404 пружних балеза а потребно је уградити још најмање 300 пружних балеза.

На немагистралним пругама је стање SS уређаја знатно неповољније у односу на магистралне пруге. Станичним релејним SSU опремљено је само 47 или 21% службених места, 13 или 6% сл. места опремљено је електромеханичким уређајима и 129 или 59% сл. места опремљено је само простим сигналним поставницама без икакве техничке зависности скретница и сигнала уз напомену да је још увек 8 службених места опремљено најпростијим тзв. штитним сигналним.

На свим електрифицираним пругама положени су савремени пружни и локални каблови са савременим везама које повезују службена места и остале објекте на прузи (блок места АРВ, путни прелази и др.) са диспечерским центрима.

Паралелно са тим функционише мрежа од 53 телефонских и телеграфских централа.

Радиодиспечерски систем веза (RDV) покрива део магистралних пруга и од 104 пружна дела RDV сви су у функцији, али код 130 локомотивских делова RDV стање исправног функционисања није на задовољавајућем нивоу.

Концепт модернизације и оспособљавања одређених категорија пруга у наредном периоду укратко би се састојао у следећем:

1. Главне магистралне пруге за међународни саобраћај потребно је да буду двоколосечне (а по потреби местимично и више колосечне), са системом електричне вуче 25 kV, 50 Hz, и довести их на технички ниво способности за брзине до 160 km/h и осовинско оптерећење од 22,5 t/o са осталим параметрима у складу са стандардима UIC. Технички системи за регулисање саобраћаја заснивали би се на примени АРВ-а са трозначном или четворозначном сигнализацијом латерарног типа и уређаја за даљинско управљање саобраћајем (телекоманда) уз примену зауставног пута од 1500 м. Путних прелаза не сме бити у нивоу пруге већ само у денивелацији са пругом. Ове пруге и вучна возила на њима морају бити опремљена ауто стоп уређајима и системом радио диспечерских веза.

2. Остале пруге за међународни саобраћај могу бити једноколосечне, а довести их на технички ниво способности за брзине до 120 km/h и осовинска оптерећења од 22,5 t/o са увођењем система електричне вуче, уређаја АРВ-а и телекоманде са зауставним путем од 1000м. Путни прелази морају бити са аутоматским уређајима осигурања. Ове пруге и вучна возила на њима морају бити опремљене ауто стоп уређајима и радио диспечерским везама.

3. Главне пруге I реда за унутрашњи саобраћај треба да буду једноколосечне, а местимично по потреби и двоколосечне са системом електричне вуче, а довести их на технички ниво способности за брзине од 100-120 km/h и осовинска оптерећења од 20 t/o са уређајима АРВ-а, а по могућству и телекоманде са зауставним путем од 1000 м.

Путни прелази у нивоу пруге морају бити сведени на

минимум и са аутоматским уређајима осигурања. Ове пруге и вучна возила на њима морају бити опремљене ауто стоп уређајима и радиодиспечерским системом веза.

4. Главне пруге II реда за унутрашњи саобраћај, треба да буду једноколосечне са системом електричне вуче или дизел вуче, а довести их на пројектовани ниво техничко-експлоатационе способности са тежњом њиховог оспособљавања за брзине до 100 km/h и осовинска оптерећења од најмање 18 t/o. Осигурање пруга и станица да буде најмање са електрорелејним станичним уређајима и уређајима међустаничне зависности уз примену ауто стоп уређаја и уређаја радио диспечерске везе. Зауставни пут би на овим пругама износио 700 м.

5. Споредне пруге су из унутрашњег саобраћаја, једноколосечне са системом дизел вуче, потребно их је довести на ниво пројектованих техничко-експлоатационих карактеристика са тежњом њиховог оспособљавања за брзине саобраћаја до 80 km/h и осовинског оптерећења од 18 t/o, уз осигурање пруга и станица електрорелејним уређајима станичног осигурања са одговарајућим уређајима станичних и пружних телефонских веза.

Зауставни пут на овим пругама би износио 700 м.

3. СТАЊЕ И КОНЦЕПТ УСКЛАЂИВАЊА РАЗВОЈА И МОДЕРНИЗАЦИЈЕ ВОЗНИХ СРЕДСТАВА

3.1. Возила вучног парка

За обављање вуче и маневарског рада ЖТП Београд у инвентарском парку располаже са 567 вучних возила, углавном страног порекла, разврстаних у 14 серија, од којих су 3 серије за електро вучу и 11 серија за дизел вучу, са укупном инсталисаном снагом од 1.072.386 kW. Учешће електровучних возила у бројном стању износи 37,5% а у инсталисаној снази 76,1% (од чега електро-локомотиве са 70,9% а електромоторни возови са 5,2%). Дизел вучна возила учествују у бројном стању са 354 вучна возила или 62,5%, а у инсталисаној снази са свега 23,9%.

Овде није урачунато симболично постојање локомотива парне вуче серије 01, 33 и 51 за вучу Музејског воза, као и парне локомотиве узаног колосека серије 83 за вучу туристичког воза на «Шарганској осмици».

Садашње техничко стање вучних возила је незадовољавајуће, јер се користи само један њихов мањи део, расположивих за експлоатацију, због високог процента њихове имобилизације који у просеку износи око 65% за 2001. годину.

Осим електролокомотива ниједан тип осталих вучних возила није опремљен ауто стоп уређајима. Од укупног броја вучних возила само њих 130 је опремљено уређајима радио диспечерске везе, чије стање у погледу исправности није на задовољавајућем нивоу.

Савремена железничка возна средства у техничко-експлоатационом смислу представљају сасвим нову

генерацију железничких возила (локомотива, моторних возова, путничких и теретних кола) нове концепције и савршеније конструкције коју карактеришу већи погонски и кочиони капацитети у условима повећаних брзина са високим степеном поузданости и безбедности у саобраћају.

У области вучних средстава нужно је одређење за унификацију локомотива и моторних возова. Ово би важило за возила која се нова набављају и која се обнављају.

У принципу железничка возила треба унифицирати за возове према њиховој намени у систему (за одређене категорије из међународног и унутрашњег саобраћаја).

Код локомотива и моторних возова треба бирати оне који имају могућност спрезања у мултиплицираној вучи до четири основне погонске јединице у једној композицији. Опредељење за основни вид вуче да буде електро вуча.

У садашњим условима експлоатације на ЈЖ не постоје возови који би саобраћали брзином од 160 km/h, а исто тако ни локомотиве оспособљене за ту брзину. Постојеће локомотиве серије 441 и 461 углавном су у садашњим условима способне за брзине саобраћаја до 120 km/h.

Код садашњих диодних локомотива серије 441, које су са релејном противклизном заштитом, постоји могућност уградње осовинских редуктора за брзину од 160 km/h.

Постојеће локомотиве 441 подсерије од 0 до 500, су са редукторима који омогућавају максималне брзине од 120 km/h с тим што подсерије 300 и 400 имају електродинамичку кочницу и уређај за даљинско руковање. Исте локомотиве подсерије 600 и 700 су са редукторима брзина до 140 km/h с тим што неке подсерије имају уређаје за даљинску команду док неке немају такве уређаје, док су локомотиве подсерије 800 способне за брзине саобраћаја до 120 km/h.

Адхезионе масе локомотива 441 су код појединих подсерија различите и код подсерија 0, 100, 200 и 500 износи 78 t, код подсерија 300 и 400 су 80 t, а код подсерија 600, 700 и 800 које су израђене као побољшана верзија овог типа локомотива, адхезиона маса износи 82 t.

Трајна снага ових локомотива је 3860 kW, а њихова часовна снага износи 4080 kW.

Ако имамо у виду чињеницу да локомотиве серије 441 постоје у експлоатацији већ дужи низ година, да постоје обучени кадрови како за одржавање тако и за руковање, да су локомотиве подсерије 600, 700 и 800 израђене као побољшане верзије на основу досадашњих искустава и уочених конструкцијских недостатака, онда се као најједноставнији начин испољава могућност уградње осовинских редуктора на њима за брзину од 160 km/h и на тај начин би се добила локомотива потребна за обезбеђење вуче путничких и теретних возова за планирано повећање брзина. И то је што се тиче локомотива серије 441 за постизање максималних брзина њихов крајњи домет уз ограничене могућности вуче возова већих маса, без њиховог спрезања у двојној вучи.

Постојеће локомотиве подсерије 700 могле би да задовоље трежене услове вуче, при чему се вуча тешких возова може остварити спрегом две локомотиве.

Код избора типа електричних локомотива, одређења Европских железница су за тиристорске локомотиве (напуштају се диодне локомотиве) због низа њихових експлоатационих и вучних предности у односу на постојеће типове диодних локомотива.

Примена тиристора омогућава једноставније, ефикасније и поузданије коришћење вучних мотора наизменичне струје, односно потпуније коришћење ротационих машина наизменичне струје. Са таквим типом локомотива ЈЖ су имале искуства у пракси са коришћењем прототипа, тиристорске локомотиве серије 442 израђене у фабрици «Раде Кончар» из Загреб, које су показале задовољавајуће резултате у експлоатацији.

Тиристорска локомотива серије 442 је опремљена са електронском против клизном заштитом и представља боље техничко-технолошко решење, са већом снагом (трајна снага јој је 4400 kW) и већом полазном вучном силом, са знатно бољим адхезионим способностима, а тиме и вучним могућностима у поређењу са локомотивом 441, што омогућава вучу путничких возова повећаних брзина односно тежих теретних возова, уз мање штетно дејство на колосек у односу на локомотиву 441, а посебно у односу на локомотиву 461 која има врло штетно дејство на колосек.

Локомотиве серије 442 су способне за кретање брзинама од 120; 140 и 160 km/h са могућношћу кретања и до 200 km/h.

Због напред изнетих предности и могућности спрезања две локомотиве серије 442 у двојној вучи са даљинским управљањем могу постићи велику снагу (9000 kW) за остваривање повећаних брзина саобраћаја и вучу тежих возова на успонима, а тиме постаје непотребна градња робусних б-осовинских локомотива типа (СС) формуле распореда осовина, као што су локомотиве 461 које имају врло изразито штетно дејство на колосек у смислу његовог разарања.

Због тога је логично да одређење ЈЖ буде, као и код осталих железница у свету, прелазак на тиристорске локомотиве типа 442 или њој по вучно-експлоатационим карактеристикама, сличној у свету, ради њиховог увођења у експлоатацију и постепеног обнављања вучног парка при истеку радног века досадашњих диодних локомотива.

Овај предложени тип локомотиве је због повећаних адхезионих и вучних способности могуће користити и на брдским и осталим електрифицираним пругама. Универзалност употребе овог типа локомотиве омогућава унификацију вучног парка, тј. употребу само једног типа електричних локомотива чиме би се постигло једноставније, ефикасније и јефтиније одржавање, лакша набака резервних делова као и брже њихово усавршавање и модификовање уколико се за то укаже потреба.

Потребно је спровести унификацију појединих агрегата и делова функционалних целина као што су: обртна постоља, погонски мотори, систем управљања, кочнице и друга опрема. У склопу тога би се обезбедила

заменљивост опреме и основних делова и склопова као што су лежишта, уређаји за подмазивање венаца точкова, пескаре, електрични и електронски склопови (кабифлекс модули) и сл. што би дало велику ефикасност и економичност код одржавања.

Код моторних возова је основно одређење за њихову унификацију слично као и код локомотива.

С обзиром на то да су наше пруге у садашњем стању електрифициране испод 40%, а у будућем развоју ће се остварити око 50% од укупне мреже пруге, то би било оптимално задржати однос 1:1 у погледу вучног парка дизелмоторних и електромоторних возова. Унификацијом обухватити: носећу конструкцију (колски сандук), обртна постоља, врата, прозоре, седишта, систем управљања, кочнице, погонске моторе, помоћне уређаје и др.

Основне техничко-експлоатационе карактеристике моторних возова требале би да буду следеће:

- да су способни за максималне брзине од најмање 120 km/h код возова из приградског и међуградског саобраћаја на магистралним и главним пругама,
- за возове на осталим пругама и локални возови да су способни за максималне брзине саобраћаја до 100 km/h,
- да брзином од 100 km/h могу савладати и кривине минималног полупречника на прузи од $R = 300$ m, применом технике нагињања колског сандука,
- грејање да буде топлим ваздухом,
- врата да буду широка око 1700 mm,
- висина пода и улазне степенице да буду прилагођене усвојеној висини путничких перона,
- и све остале карактеристике према интерним стандардима ЖС и УИС.

За избор моторних возова за унутрашњи саобраћај могу нам послужити дизел моторни возови серије 812 (811) модификоване конструкције за саобраћај на осталим споредним пругама и електромоторни возови сличних карактеристика серије 412 или 410 домаће производње за градски, приградски и међуградски саобраћај на главним и магистралним електрифицираним пругама у унутрашњем саобраћају.

3.2. Путнички колски парк

Садашње бројно стање кола путничког колског парка је такво да ЖТП Београд располаже са укупно 439 путничких кола различитог квалитета (први и други разред) и 78 путничких кола специјалне намене од чега је 34 спаваћих кола, 39 кушет кола и 5 вагон ресторана.

У инвентарском парку сада се налази 42 гарнитуре електромоторног воза 412/416 као и 48 гарнитура дизелмоторних возова од којих је 33 серије 812 и 15 серије 712.

Просечни проценат имобилизације путничких кола за 2001. годину износио је 50,5%.

Садашње стање путничког колског парка није у могућности да задовољи захтеве и потребе превоза у путничком саобраћају.

Код кола путничког парка нужна је подела на кола са карактеристикама за међународни саобраћај (RIC кола)

према стандардима УИС-а и на кола за унутрашњи саобраћај.

Одређење за овакву поделу је нужно, што наши постојећи техничко-технолошки и економски услови не оправдавају да кола способна за међународни саобраћај саобраћају у унутрашњем локалном саобраћају јер наше пруге данас углавном имају највећу способност за брзине саобраћаја до 100 km/h (изузетно на крајим деоницама главне магистрале до 120 km/h) па и наши возови највећег ранга углавном не возе брже.

Кола у возовима за унутрашњи локални путнички саобраћај не могу бити «дугачка» као курсна кола ознаке RIC са способностима за међународни саобраћај због неодговарајућег квалитета пруга (са кривинама и мањег полупречника од $R < 300$ m) и другим параметрима не могу да задовоље безедност и економичност саобраћаја.

Треба имати у виду чињеницу да према стању наших пруга и осталих техничко-технолошких могућности, многе пруге ће остати на пројектованом нивоу техничких способности за наредни период од најмање једног века трајања кола, те у складу са тим условима треба градити и набављати кола за унутрашњи путнички саобраћај.

У принципу основне карактеристике путничких кола за унутрашњи саобраћај требају да буду исте као и за моторне возове, са параметрима и способношћу за брзине до 120 km/h, те би и градња, експлоатација и одржавање таквих кола било јефтиније.

Техничке услове градње таквих кола треба ближе прописати стандардима ЖС.

У будућем перспективном развоју ЖЖ од 2010. године, међународни путнички возови кроз нашу земљу требало би да се крећу најмање са брзинама саобраћаја од 160 km/h.

Сада се на ЖЖ у експлоатацији путничког саобраћаја налазе путничка кола типа X, Y и Z, при чему су ЖЖ као свој стандардни тип усвојиле Y кола.

Способност појединих типова путничких кола за највеће допуштене брзине саобраћаја је различита, тако што су кола типа X – способна за брзине од 120 и 140 km/h, кола типа Y за брзине 140 и 160 km/h, а кола типа Z за брзине 160 и 200 km/h.

Путничка кола способна за режим међународног саобраћаја носе ознаку RIC и способна су за брзине од најмање 160 km/h.

На избор типа кола у саставу путничких возова на одређеним релацијама утичу: карактеристике допуштених брзина на одређеној прузи, врста и ранг возова, брзина саобраћаја као и режим контролних прегледа и одржавања кола.

Према изнетом стању одређена путничка кола типа Y и Z возног парка ЖЖ могу задовољити постављене услове за увршћивање у возове са брзинама до 160 km/h изузев ако се у међународним возовима морају уврштавати кола способна за брзине веће од 160 km/h. Садашња кола ЖЖ типа Z, која производи наша фабрика «Гоша», способна су и испуњавају све услове из међународног и унутрашњег даљинског путничког саобраћаја за брзине од 160 km/h (кола типа Z₂) па и за брзине до 200 km/h (кола Z₁ типа).

Остала путничка кола као и гарнитуре електромоторних возова серије 412/416 могу се користити за путничке возове из локалног, приградског и градског саобраћаја са брзинама до 120 km/h.

Наша кола типа Y имају уграђен трчећи stroj (обртно постоље типа WAGMANN) оспособљен за брзине трчања од 160 km/h док су кола типа Z опремљена обртним постољима типа МД52 односно ГОША-100, која су конструисана и способна за брзине саобраћаја возова од 200 km/h.

Садашњи путнички колски парк којим располажу ЈЖ једним делом одговара условима међународног саобраћаја (кола са ознаком RIC) у погледу способности за брзине од 160 km/h, али не и у погледу комфора и режима одржавања, који су неадекватни захтевима међународног саобраћаја. За сада ЈЖ не располажу високо конфорним путничким колима способним за брзине од 200 km/h (изузев мањег броја Z кола) па због тога нису повезане са осталим европским железницама EUROСITY (EC) возовима високог комфора. На мрежи ЈЖ постоје за сада само INTERCITY (IC) возови али са класичним путничким колима и неадекватним комфором, којима су ЈЖ ограничено повезане са Европским системом путничког саобраћаја на релацијама од Београда до Беча, Будимпеште и Софије, а не и шире.

У наредном периоду, ради ширег укључивања у мрежу возова Европског система путничког саобраћаја, ЈЖ морају располагати одређеним делом путничког колског парка за међународни саобраћај са колима високог комфора способним за брзине од 200 km/h ради могућности њиховог укључивања у ЕС возове на одређеним европским релацијама.

Из напред изнетих разлога за потребе међународног саобраћаја, будуће обнављање путничког колског парка ЈЖ треба да буде усмерено искључиво на набавку кола типа Z која су способна за брзине од 200 km/h и која испуњавају све услове комфора који се постављају у савременом унутрашњем и међународном путничком саобраћају. Тиме би се постигла унификација путничког колског парка уз могућност нижих трошкова и ефикаснијег његовог одржавања.

3.3. Теретни колски парк

Величину теретног колског парка ЖТП Београд чини укупно 11.531 теретних кола различитих врста, типова и серија од чега су 5.100 двоосовинска, а 6.431 четвороосовинских кола.

У структури укупног теретног парка, по основним групама свих серија кола стање је следеће: 4.645 – у групи затворених кола; 4.833 – отворених кола и 1.177 – осталих кола. Укупна носивост постојећег теретног колског парка износи око 390.000 тона.

Просечни проценат имобилизације теретних кола за 2001. годину износио је око 64%.

Коришћење теретних кола у међународном саобраћају прописано је кроз строге техничке услове Споразума RIV 2000, а у односу на те услове свега 998 кола (или 9%) од укупног теретног колског парка исте испуњава.

Прописима RIV 2000 је условљено да теретна кола у међународном саобраћају морају бити способна за режим саобраћаја са ознакама «S» и «SS» тј. да су способна за брзине од 100 km/h односно од 120 km/h.

Садашње стање теретног колског парка није у могућности да у потпуности задовољи захтеве превоза у теретном саобраћају како по основу техничке исправности тако по основу прилагођености структуре теретног парка захтевима превоза. Тако на пример расте потреба за специјализованим колима серије H и T због брзе манипулације са робом и кола серије E због масовних превоза, као и за плато колима због контејнерских превоза. С друге стране смањена је потреба за колима серије G, као и за колима серије L. Из тих разлога је потребно у наредном периоду извршити измену и прилагођавање структуре теретног колског парка потребама и захтевима превоза.

Садашње брзине возова из теретног саобраћаја на ЈЖ највише су ограничене способношћу кола теретног колског парка од којег око 1/3 његове величине је способна за брзине до 90 km/h.

Од укупног садашњег теретног колског парка само 9% кола је способно за међународни саобраћај, тј. носи ознаку RIV. Један део теретних кола ЈЖ носи ознаку подсерије «s» што значи да су таква кола способна за режим саобраћаја теретних возова брзинама до 100 km/h, а такође, постоји и део кола која носе ознаку подсерије «ss» што значи да су способна за увршћивање у режим саобраћаја теретних возова са брзинама до 120 km/h.

У перспективи треба очекивати да ће се на нашем главном магистралном правцу један део теретних возова из међународног саобраћаја кретати брзинама од 100-120 km/h, а поједини међународни возови хомогеног састава од кола специјалне конструкције у блок гарнитурама кретаће се и већим брзинама до 140 km/h па чак и до 160 km/h.

У унутрашњем теретном саобраћају очекује се саобраћај теретних возова брзином претежно од 80-100 km/h, а у одређеним случајевима и до 120 km/h.

Проблем брзине трчања теретних кола је углавном решен за догледну будућност, јер постојећа обртна постоља за теретна кола типа Y25 C_s односно Y25 C_{ss} одговарају за безбедно трчање брзинама до 120 km/h, а решењем неких проблема кочница и конструкције њихова способност се може повећати и за брзине од 140 km/h.

У наредном периоду развоја ЈЖ техничке карактеристике теретних кола морају одговарати у потпуности прописима UIC и то за брзине од 120 km/h, а у даљој перспективи испољиће се Европски захтеви и потребе за набавком теретних кола способних за брзине од 140 km/h па чак и за 160 km/h што је тенденција већ сада код већина водећих Европских железница, чијим стремљењима морамо и ми тежити.

4. ЗАКЉУЧАК

Основна концепција будућег развоја наших железница треба да се састоји у модернизацији и

оспособљавању ЈЖ на принципима и стандардима које је усвојила УИС и Европска унија у области железничког саобраћаја.

Стратешки правац повезивања ЈЖ са Европским железничким системом представљају деонице пруга на магистралном правцу кроз нашу земљу Е85/(Е70) у оквиру промовисаног тзв. Европског транспортног коридора бр. X.

ЈЖ требају да приступе убрзаним темпом оспособљавању назначеног правца у I фази за повећање брзина саобраћаја до 160 km/h у циљу нашег ефикаснијег укључивања у Европске токове развоја железничког путничког и теретног саобраћаја.

За остваривање жељеног циља поред оспособљавања пруга за планиране брзине неопходно је паралелно приступити програму оспособљавања њихове пратеће инфраструктуре опремом, уређајима и постројењима (СС и ТК уређаји, КМ, СПЕВ) која обезбеђују висок ниво техничке опремљености пруга ради ефикасног управљања саобраћајем на њима, као и оспособљавању вучног парка, путничког и теретног колског парка за планирано повећање брзина до 160 km/h и његовог укључивања у возове повећаних брзина на одређеним правцима токова међународног путничког и теретног саобраћаја. Са програмом оспособљавања и ревитализације капацитета ЈЖ потребно је отпочети што пре са роком његове оптимистичке реализације до краја ове деценије. То би представљао задатак од прворазредног националног значаја за нашу привреду и земљу у целини.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Др Р.Богдановић, Анализа техничког система железнице – железничка возила, VII интернационални научно-стручни симпозијум, Машински факултет, Ниш 1996.
- [2] Др Р.Вукадиновић, Експлоатационе карактеристике возова великих брзина, ЈУЖЕЛ 96, Ниш
- [3] Програм брзих пруга Србије, и «Нова железница Србије», ЦИП Београд
- [4] Др Р.Вукадиновић, Истраживање фактора безбедности и редовности саобраћаја на ЈЖ, докторска дисертација, Машински факултет, Београд 1989.
- [5] А.Ђерић, Реконструкција дизелелектричних у електричне локомотиве, Железнице бр. 7-8, Београд 1994.
- [6] Др Р.Вукадиновић, Експлоатација железнице, «Желнид» Београд 1998.
- [7] Извештаји о безбедности и функционисању саобраћаја ЖТП Београд, за 2000-2001. годину

ADJUSTMENT OF FUTURE DEVELOPMENT AND MODERNIYATION OF ROLLING STOCK AND INFRASTRUCTURE

Radisav Vukadinović, Randgel Bogdanović

Abstract: *The paper provides the actual status of rolling stock and infrastructure on our Railways, empasizing the need of development of the concept of unigne railway technical system. Proposed is the concept of future development of rolling stock and infrastructure.*

Key words: *railways, system, development, rolling stock, infrastructure.*

ВАРИЈАНТЕ МОГУЋИХ РЕШЕЊА ПРОБЛЕМА ВУЧЕ НА ПАНЕВРОПСКОМ КОРИДОРУ X

Драгомир Мандић¹, Мирјана Стевановић², Предраг Јовановић³

Резиме: Део железничког Коридора X који је на територији Југославије је највећи од свих осам земаља којима пролази. То значи да је обавеза и задатак свих релевантних институција Југославије да осмисле стратегију и тактику како у овој области Југословенске железнице не би служиле само као инфраструктура по којој други оператери остварују солидне приходе. Како је организација међународног путничког и теретног саобраћаја све више практично саобраћај возова на дугачким релацијама без промене састава, практично се овај проблем своди на пружање услуга вуче. У раду се даје неколико могућих варијанти будућег укључивања наше железнице у ову област, које даље треба разрађивати и истраживати.

Кључне речи: железница, вуча, коридор X

1. УВОД

Укључивање Југославије у Европске интеграционе процесе у области саобраћаја је почело 1997. године дефинисањем Коридора X. Планираним, неминовним даљим корацима приближавања и приступања Југославије Европској унији, подразумева се прихватање свих прописа и правила која важе у њој. Ово значи и прихватање принципа слободног приступа свим регистрованим железничким оператера мрежи ЈЖ без дискриминације у будућности. Међународни саобраћај, који је најинтересантнији за жестоку конкуренцију, јер доноси највећу добит, ће бити први код ког ће се морати применити ови принципи. ЈЖ се морају на време припремити за ове активности са јасно дефинисаним циљем и стратегијом како га остварити.

2. ОСНОВНИ ПОДАЦИ О КОРИДОРУ X

На заседању Паневропске конференције на Криту, 1994. године, усвојено је 9 Паневропских коридора, од којих је само Коридор VII - Дунав, пролазио кроз Југославију. Смиривањем ратних дешавања на просторима бивше СФР Југославије, 1997. године, на Паневропској конференцији одржаној у Хелсинкију, усвојен је и Коридор X.

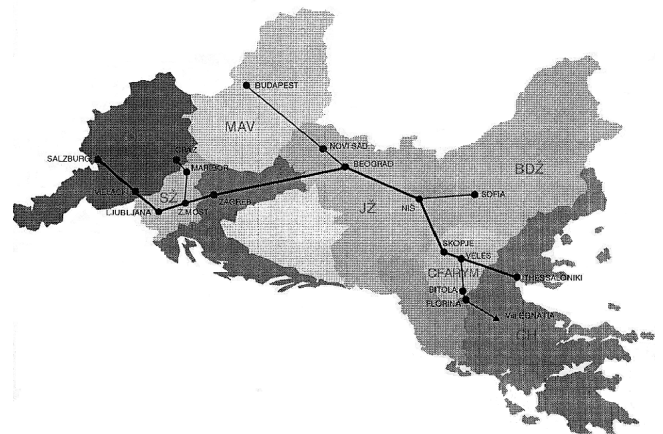
Основна траса железничког Коридора X се пружа од Салцбурга преко Филаха у Аустрији, Јесеница, Љубљане и Зиданог Моста у Словенији, Добове, Загреба, Новске и Винковаца у Хрватској, Београда, Лапова и Ниша у Југославији, Скопља и Велеса у Македонији до Солуна у Грчкој. Поред ове основне трасе, дефинисана су и четири крака овог коридора и то:

- крак А од Зиданог Моста, преко Марибора и Шентиља у Словенији до Граца у Аустрији,
- крак Б од Београда, преко Новог Сада у Југославији и Келебије, до Будимпеште у Мађарској,

- крак Ц од Ниша преко Димитровграда у Југославији и Калотине до Софије у Бугарској,
- крак Д од Велеса преко Битоља у Македонији до Флорине у Грчкој (слика 1.).

Како се види из ових основних података, основна траса Коридора X пролази кроз 6 а са крацима кроз 8 земаља. На овај Коридор је индиректно везано још неколико земаља, као што су Италија, Немачка, Чешка, Словачка, Украјина, Румунија, Турска и Албанија.

Од укупне дужине и основне и укупне трасе (заједно са крацима) 31,84% односно 31,99% је на територији Југославије. Другим речима, на територији Југославије се налази највећи проценат дужине трасе, односно Југославија је најзначајнија земља на овом Коридору. Управо ова чињеница представља основни аргумент да све релевантне институције и организације морају максималну пажњу посветити свим аспектима организације саобраћаја на овом Коридору.



Слика 1. Основна траса Коридора X и четири његова крака

¹ Проф. др Драгомир Мандић*, дипл.инж.саоб., редовни професор, irata@ptt.yu,

² Мр Мирјана Стевановић*, дипл.инж.саоб., асистент, miras@ptt.yu,

³ Предраг Јовановић*, дипл.инж.саоб., асистент приправник, rjovan@verat.net

* Саобраћајни факултет, Војводе Степе 305, 11000 Београд

3. ПРОБЛЕМАТИКА ОРГАНИЗАЦИЈЕ САОБРАЋАЈА ВОЗОВА НА КОРИДОРУ X У БУДУЋНОСТИ

На основу изнетих података евидентно је да је Коридор X за Југославију првенствено значајан као доминантно транзитни део железничке мреже. Ово посебно важи за теретни саобраћај. Као што је познато, транзитни теретни саобраћај је веома значајан како са становишта остваривања великог обима саобраћаја (реализованих нетонских километара), а још више са становишта остварених прихода.

Управо значај остваривања солидних прихода од транзитног саобраћаја ће бити веома значајан са становишта организације саобраћаја на Коридору X. Наиме, очекивати је веома жестоку борбу за приступ овом Коридору, као и притиске Европске уније да се дозволи приступ и другим оператерима, чак и ван Југославије. О томе се већ и отворено пише у стручној јавности. Тако се у раду [2] наводи да ће земље кандидати за чланство у ЕУ морати у потпуности да прихвате све њене прописе и правила још у фази кандидовања. За железнички Коридор X се каже да је посебно значајан за везу Турске и Грчке са остатком Европске уније и за отварање евроазијског тржишта и повратак железници места које јој припада на транспортном тржишту.

Европска унија већ данас има инструменте за реализацију ових одређења. Ниме, од основног документа, директиве 91/440 из 1991. године, која је дефинисала револуционарне промене у области железничког саобраћаја Европе прописујући раздвајање инфраструктуре од експлоатације, преко директива 95/18 и 95/19 из 1995. године, дошло се до директива 01/12, 01/13 и 01/14 из 2001. године којима су практично створене основе за слободну конкуренцију на железничкој мрежи Европе. Тако, је директивом 2001/12/ЕЦ дефинисан развој Заједнице железница Европске унија, са посебним регулисањем права слободног приступа свим железничким оператерима из Европске уније мрежи. Директивом 2001/14/ЕЦ иде се корак даље и дефинише се Трансевропска железничка мрежа за теретни саобраћај (слика 2.) и слобода приступа свим регистрованим оператерима тој мрежи од 15. марта 2003. године, односно за целокупни међународни железнички теретни саобраћај на целокупној мрежи од 15. марта 2008. године. Као што се види са слике, део железничке мреже ЕУ у Грчкој је потпуно одсечен од остатка, а ако се име у виду значај Турске и Бугарске, потпуно је јасно да је очекивати жесток притисак на Југославију да се што пре укључи у ове процесе и дозволи слободан приступ оператерима из Европске уније преко своје мреже. Овоме иде у прилог и актуелно инсистирање Европске уније на поједностављењу царинских процедура између земаља југоисточне Европе. Другим речима већ сада се ради на томе да се што више возова формира на максимално дугачким релацијама, без потребе прераде. Следећи корак је укидање промене вучних возила на границама, односно техничким станицама у близини граница.



Слика 2. Трансевропска железничка мрежа за теретни саобраћај

У области путничког саобраћаја већ одавно постоје релације које практично покривају поједине правце на Коридору X без или са мањим променама састава. Повећање брзина ће захтевати увођење електро-моторних гарнитура, које, јасно не мењају састав од почетне до крајње станице релације.

Тренутна ситуација је таква да поред редовних путничких и теретних возова, дефинисаних на нивоу УИЦ-а и уврштених у ред вожње, имамо приличан број агенцијских путничких и уговорених ванредних теретних возова са страних шпедитерима. Ови возови су управо комерцијална претеча тенденције која нас очекује кандидовањем за приступање Европској унији.

4. МОГУЋНОСТИ РЕШАВАЊА ПРОБЛЕМА ВУЧЕ НА КОРИДОРУ X У БУДУЋНОСТИ

Из свега изнетог је евидентно да у блиској будућности треба очекивати жесток притисак на нашу државу и железницу за дозвољен слободан приступ страним оператерима, а тиме и вучу возова на нашем делу Коридора X. Једно је сигурно, а то је да неће моћи опстати монополистички положај и заштићеност наше железнице, у првом кораку у међународном саобраћају. То пред нашу железницу поставља задатак студиозног изучавања ове проблематике и изналажења оптималног решења. Као путоказ могућих решења овде ће бити дате неке од могућих варијанти, које даље треба детаљније и студиозније изучити, разрадити, вредновати и уклопити у стратешки план реформе и ревитализације железнице Југославије.

Могуће варијанте су:

а) **Организација међународног путничког и теретног саобраћаја у сопственој режији.** Ова варијанта подразумева поседовање великог броја вишесистемских путничких гарнитура, у првој фази за брзине до 160 км/х, а касније и веће брзине. У теретном саобраћају ова варијанта захтева поседовање великог броја вишесистемских савремених локомотива. И у путничком и у теретном саобраћају ова варијанта подразумева веома разгранату комерцијално-

маркетиншку и менаџментску мрежу, која би покривала целокупно тржиште Европе, па и југоисточне Азије. То значи да би се својим возилима и особљем вуче обављао саобраћај на целом или добром делу овог Коридора. Обзиром на стање у коме се налази наша земља а тиме и железница, ова варијанта је мало вероватна и могућа.

б) **Организација међународног путничког и теретног саобраћаја у кооперацији са другим оператерима.** Ова варијанта подразумева или поседовање возила као код варијанте а) док би обраду тржишта препустили кооперанту, или давање специјалних повољности кооперанту и сукцесивном укључивању возила и особља како се буде повећавао обим саобраћаја и набављала нова возила. Ово је једна од могућих варијанти коју даље треба разрадити.

в) **Склапање билатералних и мултилатералних уговора о кооперацији.** Ова варијанта подразумева слободу и прецизирање свих елемената такве кооперације уговорима, што оставља слободу за дефинисање обима, корака и фаза укључивања наше железнице у ове процесе. Ово је једна од могућих варијанти, посебно када је реч о суседним железницама које су на сличном степену развијености и опремљености, као и стања инфраструктуре па би се и са постојећим возилима могао још неко време обављати саобраћај. Јасно да и ову варијанту треба даље разрађивати и истраживати.

г) **Стварање пула вучних и вучених возила свих земаља на Коридору.** Иако изгледа прилично објективна и рационална, ова варијанта подразумева доминацију оних који при формирању Пула располажу већим бројем савремених возила, а ту је Југославија у веома неповољном положају у односу на железничке управе које су већ набавиле или управо набављају таква возила.

д) **Куповина или изнајмљивање потребног броја савремених возила.** Ова варијанта подразумева набавку потребног броја савремених вучних и вучених возила и њихово укључивање у саобраћај пре приступања Европским интеграцијама. У области вучених возила у путничком саобраћају ову варијанту већ имамо присутну кроз укључивање путничких кола "ГОША" на неким међународним релацијама. Потребно је извршити анализу досадашњег искуства и истражити наредне кораке, као и дефинисати стратегију. Вероватно је ова варијанта веома прихватљива, посебно у условима комбинације са склапањем билатералних или мултилатералних уговора са суседним железничким управама.

ђ) **Комбинација неких од наведених варијанти.** Ово је највероватније најприхватљивија варијанта, јер ће се активностима које се очекују управо комбиновати поједине од ових варијанти. Као пример може послужити да већ у области путничког саобраћаја имамо присутну варијанту д) а у току је склапање многих билатералних и мултилатералних уговора, тј. варијанта в), као и варијанта б) са страним шпедитерима и компанијама у области путничког саобраћаја.

5. ЗАКЉУЧАК

На основу свега изнетог је јасно да у блиској будућности Југословенске железнице очекује реформа и организационо прилагођавање по европским стандардима, али исто тако и жестока конкуренција не само са дрмским саобраћајем, него и са другим оператерима у железничком саобраћају. Ова конкуренција ће се најпре појавити у међународном саобраћају на Коридору X.

Већ сада је потребно приступити детаљним изучавањима овог проблема, посебно са становишта организације саобраћаја, која се код ове категорије теретних возова своди на организацију вуче, а код путничких и на организацију вуче и организацију рада вучених возила.

Из изнетог је јасно да постоји више варијанти решења и потребно је изнаћи оптимално са становишта железнице, али уз стратешка одређења политике и економије.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Institute for Transport and Traffic Engineering, "The Pan-European Corridor X within the territory of Yugoslavia - The Report of Current Condition", материјал рађен са Савезно министарство саобраћаја Југославије, 2001. године
- [2] Јержи Вишњиевски "Железница без граница", Пруга, 31.07.2002., рад преузет из часописа "European Railway Review"
- [3] Olivier Silla "The Infrastructure package and its Implementation", материјал са семинара о надокнади за коришћење инфраструктуре и политици ЕУ одржаном 16 до 18.05.2001. године у Паризу
- [4] Steering Committee of the Pan-European Corridor X, "Report of the Status of the Pan-European Corridor X", 3rd Meeting.

POSSIBLE SOLUTIONS OF THE PROBLEM OF TRACTION ON THE PAN-EUROPEAN CORRIDOR X

Dragomir Mandic, Mirjana Stevanovic, Predrag Jovanovic

Abstract: -The part of the railway Corridor X on the Yugoslav territory is the biggest one among all the others passing through eight countries. This means that all relevant institutions in Yugoslavia have the obligation and task to devise the strategy and tactics in order to prevent Yugoslav railways to serve merely as infrastructure in this area through which other operators obtain considerable income. As the organization of international passenger and freight traffic is, more and more, practically the train traffic on long distances without the change of content, this problem actually comes down to providing the traction services. In this paper we give several possible options for the future inclusion of our railway in this area, which need to be furthermore developed and research.

Key words: Railway, Traction, Corridor X

PRETOVARNA OPREMA KOMBINOVANOG TRANSPORTA NA ŽELEZNIČKIM KONTEJNERSKIM TERMINALIMA*

Z. Marinković, D. Janošević, S. Marković, D. Mijajlović¹

Rezime: Rad se bavi analizom transportnih i pretovarnih mašina i uređaja na kontejnerskim terminalima. Urađena je njihova sistematizacija sa opisom i načinom funkcionisanja u veoma efikasnom automatskom pretovaru standardnih kontejnera. Ukazano je na mogućnost proizvodnje ove opreme od strane domaće mašinogradnje. Zaključeno je da se sa ovakvom već "klasičnom" opremom realizuje relativno spor i skup pretovar kontejnera. Zato su u drugom delu rada data najnovija razmišljanja nemačkih stručnjaka iz ove oblasti u vezi razrade savremenih brzih i složenih pretovarnih sistema na železničko-drumskim terminalima. Opisani su hipotetički modeli nemačkih firmi "Krup Fördertechnik", "Noell GmbH" i "Thyssen Aufzüge GmbH". Poseban osvrt je dat na izvedeno univerzalno postrojenje, poznato pod imenom HILGERS, za brži i efikasniji pretovar kontejnera na železničko-drumskim terminalima.

Ključne reči: kombinovani transport, železnica, terminal, kontejner, pretovarna oprema

1. UVOD

Robni transport zauzima vidno mesto u povezivanju i razvoju privreda regiona i država celog sveta. Sve što se proizvede kreće se kopnenim, vodenim ili vazдушnim transportom. Klasičan vid transporta, koji podrazumeva prevoz robe različitih dimenzija, oblika i pakovanja, ima niz nedostataka u tehničkom, tehnološkom i organizacionom smislu. Kod njega se obično sve operacije transporta vrše "komad po komad", čime se povećava vreme, radna snaga i materijal, a time i ukupni troškovi transporta.

Uvođenjem standardne tovarne, transportne, pretovarne i skladišne jedinice u obliku kontejnera stvoren je jedan od uslova za razvoj kontejnerskog transporta, kojim se realizuje optimalni prevoz roba po sistemu "od vrata do vrata" (Door to Door). Poznati su integralni, kombinovni i multi- ili intermodalni sistemi ovog transporta. Prvi podrazumeva prevoz standardnih kontejnera jednim prevoznim sredstvom (npr. kamionom), drugi uz upotrebu najmanje dve vrste prevoza (npr. drumski i železnički), a treći u određenim situacijama realizuje transport kontejnera zajedno sa osnovnim prevoznim sredstvom, npr. na vagonima voza su kamioni ili prikolice sa kontejnerima (Huckepack sistem), ili to isto na brodu itd [1, 2, 3, 4].

Suštna kontejnerskog transporta je da se ukupnjene logističke jedinice, tj. kontejneri, mogu lako transportovati i prebacivati između kamiona, vagona i brodova. Za ove operacije potrebni su ljudi, prostor i odgovarajuća mehanizacija.

Kontejnerski transport je daleko efikasniji od klasičnog, jer omogućava kvalitetnije i jeftinije manipulisanje robom, čime se utiče i na cenu proizvoda. Ali, pri tome treba imati

u vidu da on zahteva veoma stabilnu privredu, visoku organizaciju i velika ulaganja. Ona se odnose na razvoj novih transportnih sredstava (specijalnih kamiona, vagona, vozova i brodova), izgradnju saobraćajne infrastrukture (puteva, železnice i luka), do posebnih prostora, tzv. terminala sa odgovarajućom transportnom i pretovarnom opremom. Takođe, ovaj vid transporta zahteva organizaciju i razvoj informacionog sistema i stvaranje jake kadrovske baze za praćenje transporta robe kontejnerima [1, 2, 3, 4].

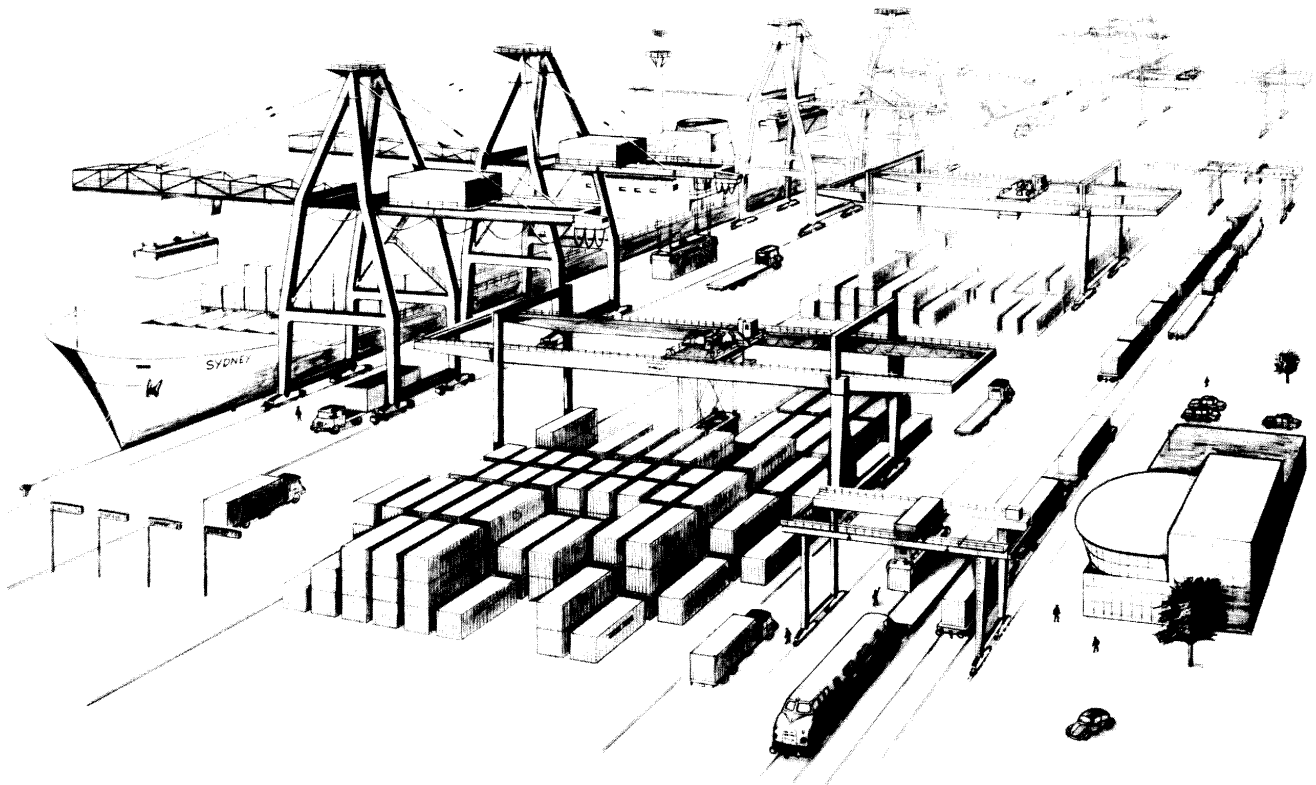
Primena kontejnerskog transporta u razvijenim zemljama je u stalnom usponu, pa treba i kod nas prihvatiti savremene tokove transporta robe i usluga u cilju stvaranja određenih uslova za ulazak u evropsku zajednicu iz oblasti transporta i komunikacija. Zbog toga je u ovom radu razmatrana manipulativna oprema železničkih kontejnerskih terminala kombinovanog transporta. Dati su presek sadašnjeg stanja i nova svetska stremljenja u razvoju ove problematike sa ciljem da naša privreda nađe svoje mesto u proizvodnji i eksploataciji ove opreme.

1. KONTEJNERSKI TERMINALI I OPREMA

Kontejnerski terminal je važna karika u savremenom transportnom sistemu i predstavlja prostor opremljen odgovarajućom opremom za manipulaciju sa kontejnerima (utovar, istovar, pretovar, sortiranje i skladištenje). Svaki učesnik u kontejnerskom transportu mora da raspolaze ovakvim prostorom i pratećom opremom koja zavisi od veličine i tipa terminala. Najraznovrsnijom manipulativnom opremom raspolaze lučki kontejnerski terminali (sl. 1), pa železničko-drumski, robno-trgovački, distributivni itd.

* Rad je urađen u okviru projekata "Razvoj proizvoda MIN-INŽINJERINGA na bazi softvera za strukturnu analizu" iz Programa tehnološkog razvoja, br. MIS. 3.07.0079.A, finansiran od strane Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije.

¹ Prof. dr. Zoran Marinković, dr Dragoslav Janošević, docent, mr Saša Marković, asistent, dipl. inž. Danko Mijajlović, asistent. pripr., Mašinski fakultet u Nišu, Beogradska 14, 18000 Nš, e-mail: zoranm@masfak.ni.ac.yu.



Sl. 1 Savremeni lučki kontejnerski terminal [3]

Luke imaju važnu ulogu u svakoj zemlji, često prelaze nacionalne okvire i mogu predstavljati značajna prometna čvorišta više zemalja i kontinenata [7]. Postoje morske, rečne i morsko-rečne luke. U lukama se primenjuje savremena manipulativna oprema za različite vrste roba (komadnih, rasutih, tečnih, paletizovanih i drugih tereta). Danas u njima posebno mesto zauzima prostor i oprema kontejnerskog transporta. Ovo se jasno vidi na sl. 1, gde su levo na obali prema moru velike dizalice za utovar i istovar brodova i saobraćajnice za prilaz drumskih vozila, na sredini se odvija skladištenje kontejnera u tri nivoa i desno, kod pristanišne zgrade, su železnica i saobraćajnice sa odgovarajućim kontejnerskim dizalicama.

Na lučkim terminalima su zastupljena dve osnovne tehnologije manipulisanja sa kontejnerima, koje se mogu kombinovati, a to su [7]:

- Lo-Lo (Lift on - Lift off = digni – spusti) sistem pretovara pomoću dizalica,
- Ro-Ro (Roll on - Roll off = dokotrljati – otkotrljati) sistem pretovara pomoću specijalnih vučnih vozila.

Prema tome na lučkim terminalima, odnosno na lučko-železničko-drumskim terminalima vrše se sledeće operacije: istovar kontejnera sa broda na skladišnu površinu i obrnuto, utovar kontejnera sa skladišne površine na železnička i drumska vozila i obrnuto, pretovar kontejnera između železničkih i drumskih vozila, sortiranje kontejnera na skladišnoj površini prema određenim zahtevima itd.

Mesta u unutrašnjosti kopna, gde se ukrštaju važni železnički i drumski putevi, ispunjavaju važan geografski uslov za lokaciju železničko-drumskih terminala. Na njima se vrši istovar kontejnera sa drumskih vozila ili železničkih kompozicija na skladišni prostor i obrnuto, pretovar

kontejnera između drumskih i železničkih vozila, sortiranje kontejnera na skladišnoj površini itd. Glavni elementi ove vrste terminala su: stanična zgrada, ulazno-izlazni koloseci, produžni kolosek, koloseci za stacioniranje delova kompozicije, prilazne saobraćajnice i parkinzi za drumska vozila, skladišne površine, pretovarna mehanizacija i dodatna oprema, kako je dato na desnom delu sl. 1.

Na utovarno-istovarnim prostorima preduzeća, robno-trgovačkih i distributivnih centara i sl. vrši se utovar ili istovar sa kamiona i/ili vagona itd.

Za nešto manje od pola veka primene kontejnerskog transporta prilagođena je postojeća i razvijena nova manipulativna oprema za kontejnere u okviru terminala. Ova oprema različitog stepena složenosti i prilagodljivosti uslovima rada, koja se sastoji iz noseće konstrukcije, odgovarajućih pogonskih mehanizama i upravljačkog uređaja, može se razvrstati prema (sl. 2) [1, 2, 3, 7]:

a. vrsti tehnologije manipulisanja sa kontejnerima na:

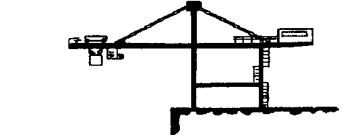



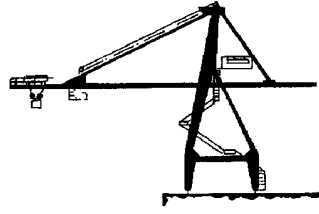
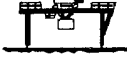


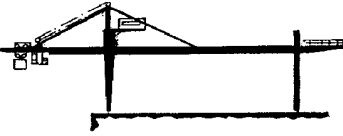






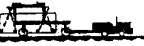
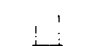


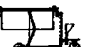



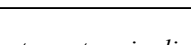

- dizalice za Lo-Lo sistem,
- vučna vozila za Ro-Ro sistem,

b. mestu lokacije na:

- opremu lučko-železničko-drumskih terminala,
- opremu železničko-drumskih terminala,
- opremu prostora preduzeća i drugih centara,

c. izgledu konstrukcije na:

- lučke portalno-obrtne dizalice,
- kontejnerske dizalice,
- mobilne dizalice na točkovina,
- manipulatore,
- viljuškare,
- vučna i vučena vozila za kontejnere,
- specijalne zahvatne uređaje – spredere, itd.

| TRANSPORTNE MAŠINE | | MANIPULATORI | POMOĆNA SREDSTVA I ZAHVATNI UREĐAJI |
|---|---|---|---|
| PORTEJNER DIZALICE | TRANŠTAJNER I ŠTAPEL DIZALICE | | |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| |  |  |  |
| | |  |  |
| | |  |  |
| | |  |  |
| | |  |  |
| | |  |  |

Sl. 2 Transportna i pretovarna sredstva kontejnerskog transporta na terminalima [3]

U savremenoj tehnologiji pretovara kontejnera Lo-Lo sistemom prethodno navedena pretovarna oprema koristi specijalne zahvatne uređaje, tzv. sprederu, za automatski zahvat i odlaganje kontejnera [3, 7]. Sprederi se sastoje iz noseće konstrukcije na čijim uglovima se nalaze četiri obrtna noseća čepa i određenog broja pogonskih mehanizama. Upadom čepova u gornje nauglice kontejnera i njihovim zakretanjem vrši se zabavljanje, odnosno odbravljanje kontejnera, a pokretima transportnih mašina vrši se premeštanje kontejnera na željeno mesto. Sprederi mogu biti jedinačni, namenjeni za jednu veličinu kontejnera, ili univerzalni sa teleskopskom konstrukcijom za više veličina kontejnera. Pogon spredera može biti mehanički ili elektro-hidraulički, a veza za transportnu mašinu je kruta ili elastična sa jednom, dve ili četiri tačke vešanja. Najbolji su univerzalni elektro-hidraulički sprederi, jer poseduju sva potrebna osiguranja za siguran, brz i besprekoran rad. Na ovim uređajima predviđaju se dodaci za zahvat kontejnera preko donjih nauglica.

Lučke portalno-obrtne dizalice su klasične višenamenske transportne mašine za utovar i istovar brodova. Sastoje se iz noseće konstrukcije (portala, stuba i strele), četiri pogonska mehanizma (za dizanje, obrtanje, promenu dohvata i kretanje) i upravljačkog uređaja. Brzom zamenom zahvatnog uređaja, tj. kuke, grabilice ili spredera mogu se pretovarati komadni, rasuti ili kontejnerizovani tereti.

Danas savremeni lučki kontejnerski terminali raspoložu specijalizovanim kontejnerskim dizalicama (sl. 1). Ove veoma skupe i visokoautomatizovane dizalice se dele u dve osnovne grupe (sl. 2) [1, 3, 7]:

1. portejneri za manipulaciju sa kontejnerima na relaciji brod-operativna obala i obratno,
2. tranštajneri za rad sa kontejnerima iznad drumskih i železničkih saobraćajnica i skladišnih površina.

Ove dizalice velikog raspona se kreću duž dizaličnih staza na terminalu pokrivajući veliku manipulativnu površinu. Sastoje se od složene prostorne konstrukcije velike mase, kolica koja se kreću duž mosta dizalice, pogonskih mehanizama (za dizanje sa sprederom, kretanje kolica, obrtanje dela kolica i kretanje dizalice) i upravljačkog uređaja. Konstruktivna rešenja konstrukcije i pogonskih mehanizama sa osetljivim kontrolnim sistemom za adekvatno pozicioniranje se razlikuju od proizvođača do proizvođača. Težnja je da se njihovim visoko efektivnim radom poveća učinak pretovara kontejnera na terminalima, koji se pored povećanja brzina manipulisanja, preciznijeg pozicioniranja i sprečavanja klaćenja kontejnera, ostvaruje i povećanjem broja kolica na mostu dizalice i istovremenim zahvatanjem većeg broja kontejnera [2, 3, 7].

Na terminalima sa malim stepenom dnevnog prometa kontejnera, gde je učešće specijalizovanih kontejnerskih dizalica veoma skupo, posebnu primenu nalaze portalne dizalice na pneumaticima. Manjeg su učinka i kreću se slobodno na manevarskom prostoru u svim pravcima. Takođe, na ovakvim terminalima sa manjim prometom mogu se koristiti i druge samohodne mobilne dizalice, npr. autodizalice snabdevene sprederom itd.

Tehnologija kontejnerskih manipulacija, pored Lo-Lo sistema, zahteva unutrašnji terminalski transport kontejnera, slaganje istih na skladišnim površinama i njihovo jedinično formiranje i rasformiranje u kontejnerskim stanicama. U tu svrhu razvijen je veliki broj manipulatora na pneumaticima sa dizel pogonom i hidrauličkim sistemima.

Takođe, kao manipulativna sredstva na terminalima intenzivno se koriste viljuškari zbog njihove višenamenske upotrebe. Primena klasičnih čeonih viljuškara sa viljuškama je u manipulaciji sa kontejnerima mala, dok se mnogo više koriste specijalni viljuškari sa teleskopskom katarkom i kruto vezanim sprederom. Postoje bočni i čeonu viljuškari.

Ovi drugi se više koriste, jer prvi nemaju dobar pristup skladištenim kontejnerima u homogenim grupama.

Posebnu grupu opreme na terminalima čine vozila za manipulaciju sa kontejnerima primenom Ro-Ro sistema.

Danas u našoj zemlji postoje dva relativno opremljena kontejnerska terminala. Prvi je u luci "Bar" u Baru sa jednim portejnerom i dva univerzalna elektro-hidraulička spredera i više čeonih viljuškara koji koriste jedan univerzalni hidraulički spreder za kontejnere od 20 do 40 stopa. Drugi terminal je u okviru železničke stanice "Beograd" u Beogradu, koji je opremljen jednim tranštajnerom sa dva jedinačna elektro-hidraulička spredera od 20 i 40 stopa i jednim hidrauličkim hvatačem sa krutim nogama za zahvat kontejnera preko donjih nauglica. U bližoj budućnosti kod novo formiranih terminala i utovarno-pretovarnih mesta ne treba očekivati ugradnju specijalnih kontejnerskih dizalica zbog visoke cene koštanja, već korišćenje jeftinijih mobilnih dizalica, viljuškara, odgovarajućih manipulatora itd.

U našoj zemlji su od strane MIN-a učinjeni pokušaji projektovanja kontejnerskih dizalica, portalnih bočnih manipulatora i spredera, ali bez veće praktične realizacije. Pošto je lepeza manipulativne opreme na kontejnerskim terminalima veoma široka, svakako da naša mašinogradnja može da nađe svoje mesto u njihovoj proizvodnji.

2. SAVREMENI PRETOVARNI SISTEMI ŽELEZNIČKIH TERMINALA

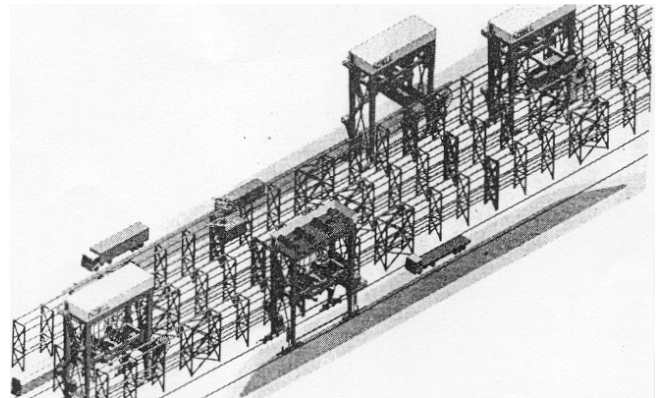
Veliki procenat kopnenog prevoza kontejnera se obavlja drumskim transportom na relativno kratkim rastojanjima. U ovakvim slučajevima upotreba integralnog kontejnerskog transporta drumskim vozilima je opravdana. Međutim, ekonomskom integracijom regiona i zemalja (npr. Evrope) konkurentnost između integralnog (čisto drumskog) i kombinovanog (drumskog i železničkog) transporta je u porastu. Svakako da je sam prevoz kontejnera na većim rastojanjima rentabilniji železnicom nego drumskim vozilima, ali zato pretovarne operacije na železničko-drumskim terminalima prolongiraju i poskupljuju kombinovani transport. Podatak iz 1996. god. ukazuje da je prosečni pretovarni trošak po kontejneru sa "klasičnom mehanizacijom", datom na sl. 2, okruglo 35 DEM [6].

Prema tome kraće vreme i niži troškovi pretovara kontejnera su dva važna cilja u procesu poboljšanja njihovog pretovara u okviru kontejnerskih terminala kombinovanog transporta. Takođe, te 1996. god. zacrtan je cilj da se prethodno navedeni troškovi pretovara reduciraju na oko 15 DEM [6]. Ovakav ambiciozan skok nije utopija i moguć je razvojem novih tzv. "brzih" pretovarnih sistema i njihovim maksimalnim iskorišćenjem u okviru velikih pretovarnih (tzv. "Mega-Hubs", tj. "Gateways") centara, koji zahtevaju tzv. "Shuttle" vozove dužine do 2 km. U realizaciji ovih planova posebno se ističu dva osnovna strateška opredeljenja: "sve veći stepen automatizacije", a kao preduslov za to "najmodernija informatička i komunikaciona tehnologija". I jedno i drugo opredeljenje predpostavlja smanjenje radne snage, a to opet utiče na smanjenje troškova pretovara. Tako više poznatih svetskih, odnosno nemačkih proizvođača transportne opreme "Krupp Fördertechnik", "Noell GmbH", "Thyssen Aufzüge GmbH", "Hilgers AG" itd. nude logističke inovacije i izvedena rešenja novog pristupa pretovara kontejnera na železničko-

drumskim terminalima kombinovanog transporta [5, 6, 8].

Ponuđeni sistem firme "Krupp", tj. njegov izvedeni probni uređaj u Duisburgu je pokazao mogućnost za brz i potpuno automatizovan pretovar standardnih tovarnih jedinica (kontejnera, zamenljivih sanduka ili prikolica) iz voza koji se lagano kreće. U ovom slučaju se radi o jednom visokoregalnom uređaju koji posluhuje samo jedan kolosek, tj. pretovarna oprema precizno zahvata tovarne jedinice i po utvrđenom rasporedu ih istovara ili utovara. Zbog toga je pretovar sa drumskih saobraćajnica odvojen od pretovara sa koloseka. Međutim, oba pretovarna uređaja mogu da rade punim kapacitetom, a da pri tome jedan drugom ne smetaju. Pored pretovara tovarnih jedinica voz-voz, voz-drumsko vozilo i obrnuto, vrši se po potrebi njihovo odlaganje u visokoregalno skladište čekajući na svoje vreme daljeg prevoza po sistemu "just-in-time" [5, 6].

Sistem pretovara koji je koncipirala firma "Noell GmbH" polazi od neke vrste visokoregalnog skladišta kao uzora. Faktički ovde ceo terminal predstavlja visokoregalno skladište, gde se između regala iznad železničkih i drumskih saobraćajnica kreću specijalne dizalice za zahvat, pretovar, premeštanje i odlaganje tovarnih jedinica po predviđenom programu na željeno mesto, kako pokazuje sl. 3 [5, 6].



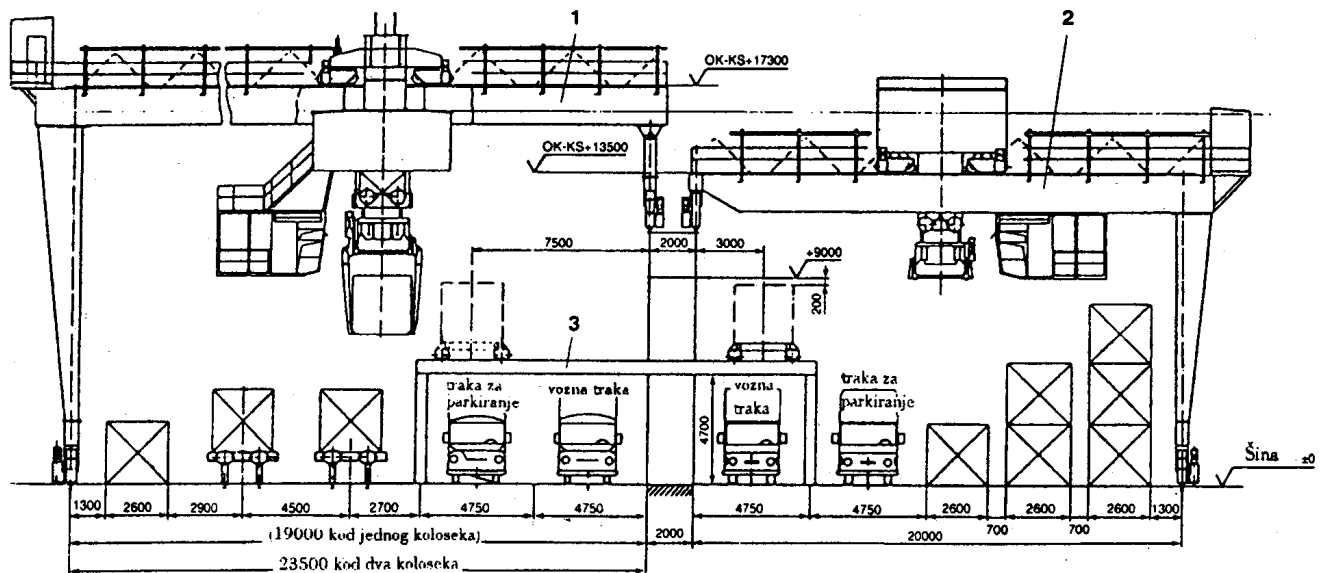
Sl. 3 Model visokoregalnog postrojenja savremenog pretovarnog sistema firme "Noell GmbH" [5]

Za razliku od prethodna dva rešenja firma "Thyssen Aufzüge GmbH" je postavila sasvim drugačiji koncept brzog pretovarnog kontejnerskog sistema. On se bazira na upotrebu električne viseće železnice sa zahvatnim klješćima nosivosti do 40 t za zahvat, prenošenje, pretovar i odlaganje tovarnih jedinica. Broj vesećih klješća određuje učinak postrojenja i vreme zadržavanja vozova u terminalu. Ovaj koncept je veoma skup zbog toga što duge staze na relativno velikoj visini sa osloncima za teške terete i specijalna klješća zahtevaju velike količine čelika [6].

Upravljanje ovog i ostalih sistema za brzi pretovar tovarnih jedinica je realizovano moćnim informacionim sistemom i kompjuterima.

Polazna varijanta firme "Hilgers AG" univerzalnog sistema za brzi pretovar tovarnih jedinica u okviru železničko-drumskih terminala kombinovanog transporta sastoji se od sledeće tri osnovne celine (modula) (sl. 4) [8]:

- pretovarno postrojenje iznad koloseka (poz.1),
- pretovarno postrojenje iznad druma (poz 2),
- poprečno transportno postrojenje (poz.3).



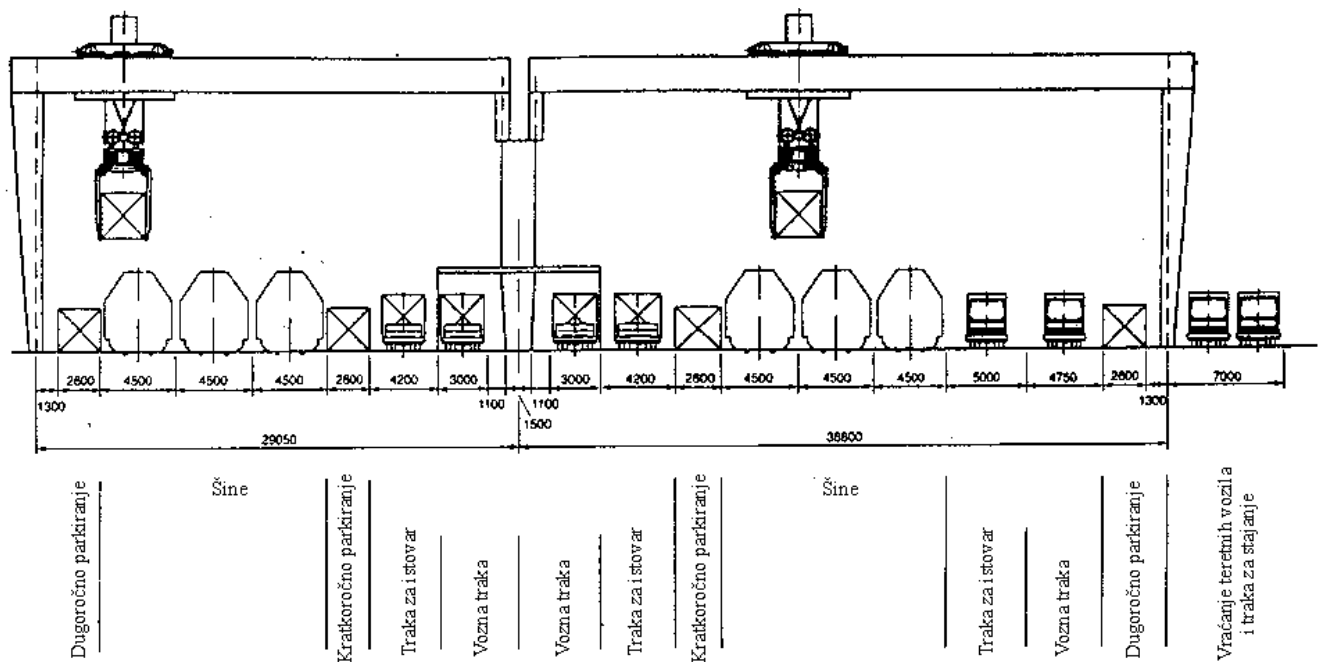
Sl. 4 Polazna (osnovna) varijanta Hilgers-univerzalnog sistema za brzi pretovar kontejnera [8]

Navedena oprema od dve kontejnerske poluportalne dizalice tipa tranštajner i poprečnog transporterera, tj. voznih kolica koja se kreću duž staze na podignutoj konstrukciji sopstvenim pogonom, prema sl. 4, je najjednostavnija i predstavlja osnovnu varijantu. U zavisnosti od željenog učinka postrojenja u funkciji dnevnog prometa terminala, postojeće radne površine i obima investicionih ulaganja broj modula može da varira. Obe radne zone odvojene su podignutom duplom dizaličnom stazom sa stubovima na rastojanju od 17.5 m, zbog maksimalnih dužina tovarnih sanduka. Između ovih stubova postavljen je jedan ili više poprečnih transporterera, kojima se vrši bočno prenošenje tovarnih jedinica iz jedne u drugu zonu terminala.

Kod izuzetno opterećenih terminala jednoj dizalici za opsluživanje koloseka obično pripadaju tri poprečna

transportera. Oni mogu biti postavljeni jedan iza drugog po po dubini terminala, razdvojeni samo stubovima. Ovakav odnos poprečnih transporterera prema jednoj dizalici iznad koloseka obezbeđuje kontinualan utovar i istovar vozova, uz stalan pristup tovarnim jedinicama sa strane drumskih saobraćajnica. Jasno je da broj dizalica iznad koloseka i njihova radna površina zavisi od zacrtanog učinka celog postrojenja. Međutim, za terminale sa radnom dužinom od oko 700 m, primena više od šest dizalica nema smisla, jer je onda njihovo radno područje suviše kratko. U ovakvom slučaju broj dizalica na strani drumskih saobraćajnica najčešće je manji, zbog manjeg pretovara.

Slika 5 prikazuje izvedeno rešenje ovog postrojenja za brzi pretovar Mega-okretnice u mestu Hanover-Lerten, SR Nemačka, koje je proizašlo iz osnovne varijante (sl. 4) [8].



Sl. 5 Izvedeno rešenje Hilgers-sistema za brzi preovar Mega-okretnice u Hanover-Lertenu [8]

Puni učinak ovo postrojenje ostvaruje samo primenom informacionog sistema za upravljanje pogonima. Veliki broj mogućnosti pretovara bez optimizacije doveo bi do haosa i međusobnog ugrožavanja rada pojedinih modula.

Primenom ovih brzih pretovarnih sistema stvaraju se uslovi za ostvarivanje nedostataka današnjih terminala sa "klasičnom" opremom, tj. predugo i preskupo ranžiranje tovarnih jedinica (kontejnera, standardnih zamenljivih sanduka i prikolica). Danas je još uvek neophodno da se voz u kombinovanom transportu na klasičan način pretovara povuče iz saobraćaja. Njegovi vagoni se odvajaju od vučne (vozne) lokomotive i "predaju" drugoj (ranžirnoj) lokomotivi koja ih odvlači ispod kontejnerskih dizalica (tranštajnera) terminala. Po završetku pretovara tovarnih jedinica opet sledi sastavljanje voza.

Naravno da se navedenim brzim sistemima pretovara omogućava da se teretni kontejnerski "šatl" vozovi poput putničkih kreću prugama pouzdanim ritmom, a u čvornim stanicama se bez mnogo gubitaka vremena vrši efikasan pretovar. Razume se, opisani novi pretovarni sistemi isplate se samo onda, ako se obezbedi visok koeficijent iskorišćenja, a to je delimično teško ostvariti na svakom mestu u konkurenciji sa direktnim drumskim transportom.

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu izloženog rada, koji je prezentovao deo rezultata projekta [9], iz Programa tehnološkog razvoja Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj R. Srbije, u cilju razvoja novih proizvoda naše mašingradnje, mogu da se izvuku sledeći zaključci:

- savremeni kontejnerski transport igra značajnu ulogu u međunarodnoj trgovini i prosperitetu zemalja celog sveta, koji zahteva stabilnu političku situaciju u svetu, jaku privredu i veoma velika ulaganja,
- svetska privredna integracija beleži porast trgovine i transporta kojim rastuća količina tereta mora da se transportuje na efikasan način, obezbeđivanjem saobraćajnica, transportnih sredstava (kamiona, vozova, brodova, aviona), terminala, pretovarne opreme i kvalitetnog informacionog sistema,
- kombinovani transport na kopnu nudi efikasan prevoz robe na većim rastojanjima, kombinovanjem železničkog i drumskog prevoza, na takav način da svaki od njih preuzima onaj deo transportnih usluga u kome je najefikasniji,
- pretovarna oprema na kontejnerskim terminalima za utovar, istovar, pretovar i sortiranje kontejnera je veoma različita i u stalnom je razvoju, sa težnjom da se klasična zameni novim brzim pretovarnim sistemima koji će dati prednost kombinovanom transportu u odnosu na čist drumski transport,
- u budućnosti će potreba za kontejnerskim transportom kod nas biti veća, pa se moraju izvršiti pripreme za proizvodnju i nabavku ove opreme u okviru naše mašingradnje.

LITERATURA

- [1] Dragović B.: "Mehanizacija u lučkim kontejnerskim terminalima", časopis "Racionalizacija transporta i manipulisanja - Logistika", br. 3/95, Jugoslovenska zajednica za paletizaciju, Beograd, 1995., str. 9 ÷ 13.
- [2] Marinković Z., Mijajlović R., Đorđević M.: "Sredstva za zahvat kontenera", časopis "Racionalizacija transporta i manipulisanja - Logistika", br. 2/96, Jugoslovenska zajednica za paletizaciju, Beograd, 1996., str. 7 ÷ 12.
- [3] Mijajlović R., Marinković Z., Jovanović M.: "Dizalice – osnove", Mašinski fakultet u Nišu, Gradina, Niš, 1994.
- [4] Seidelmann C.: "Mogućnosti i ograničenja kombinovanog transporta", časopis "Racionalizacija transporta i manipulisanja - Logistika", br. 3/97, Jugoslovenska zajednica za paletizaciju, Beograd, 1997., str. 3 ÷ 5.
- [5] Sređić G.: "Sadašnji pretovarni postupak prespor i preskup", časopis "Racionalizacija transporta i manipulisanja - Logistika", br. 1/95, Jugoslovenska zajednica za paletizaciju, Beograd, 1995., str. 25.
- [6] Sređić G.: "Pretovar u kombinovanom saobraćaju: brz ili jeftin", časopis "Racionalizacija transporta i manipulisanja - Logistika", br. 2/96, Jugoslovenska zajednica za paletizaciju, Beograd, 1996., str. 16 ÷ 18.
- [7] Stipančić Lj.: "Mehanizacija luka i lučkih terminala", Sveučilište u Rijeci, Istarska naklada, Pula 1882.
- [8] "HILGERS – univerzalno postrojenje za pretovar", prevod S. Kneževića, časopis "Racionalizacija transporta i manipulisanja - Logistika", br. 3/97, Jugoslovenska zajednica za paletizaciju, Beograd, 1997., str. 7 ÷ 9.
- [9] "Razvoj proizvoda MIN-INŽINJERINGA na bazi softvera za strukturnu analizu", projekat iz Programa tehnološkog razvoja, br. MIS. 3.07.0079.A, Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije, rukovodilac projekta M. Jovanović, Mašinski fakultet u Nišu, (projekat je u toku).

RELOADING EQUIPMENT FOR COMBINED TRANSPORT IN RAILWAY CONTAINER TERMINALS

Z. Marinkovic, M. Jovanovic, D. Janosevic,
S. Markovic, D. Mijajlovic

Abstract: *This paper deals with analysis of transport and reloading machines in container terminals. Their systematization was done, including description and the way of function in a highly efficient automatic reloading of standard containers. The possibility of domestic industry to produce such equipment was indicated. The conclusion was made that using this, nowadays "classical" equipment, relatively slow and expensive containers reloading is accomplished. Therefore, newer contemplations of German experts from this field are given in the second part of the paper, concerning fast and sophisticated overloading systems development for railway terminals. Hypothetical models from German producers "Krupp-Fördertechik", "Noell GmbH" and "Thyssen Aufzüge GmbH" are described. The particular overview was given, concerning universal installation, also known as HILGERS, for quicker and more efficient container overloading in railway-to-road terminals.*

Keywords: *combined transport, railway, terminal, container, reloading equipment*

ВАНРЕДНИ ДОГАЂАЈИ И ИСПРАВНОСТ ВОЗНИХ СРЕДСТАВА, ЊИХОВ УТИЦАЈ НА ИНФРАСТРУКТУРУ И МЕРЕ ЗА ЊИХОВО СВОЂЕЊЕ НА НАЈМАЊУ МЕРУ

Чедомир Ј. Митић¹, Слободан Р. Гојковић²

Резиме: У свом раду аутори анализирају појаву ванредних догађаја, врсте ванредних догађаја, могућа места настанка ванредних догађаја, ангажовање помоћног воза у циљу раширишавања последица ванредног догађаја, успостављање нормалног редовног и безбедног одвијања железничког саобраћаја након интервенције помоћног воза. Превентивне мере за спречавање а ако се то већ догоди, ублажавање последица ванредног догађаја као допринос већем степену исправности возних средстава и инфраструктуре.

Кључне речи: ванредни догађаји, помоћни воз, превентивне мере, железница.

1. УВОД

Да би железница у потпуности оправдала своју друштвену улогу она мора бити:

- савремена
- безбедна и што је најбитније
- уредна и тачна у смислу обављања железничког саобраћаја по већ утврђеном реду вожње.

Железнички саобраћај, у читавом свету па и код нас, на овим просторима, представља срж

континенталног саобраћаја. У нашој земљи су управо у току активности на спровођењу мера за реформу на железници, како би се на најфикаснији и најбољи могући начин искористиле све предности и сви постојећи ресурси железничког саобраћаја. У том смислу, железница би и даље, у односу на друге видове саобраћаја, представљала најбезбеднији начин превоза ствари и путника. Та чињеница добија још више на значају ако се има у виду да железница врши масован превоз путника и ствари. Самим тим, појава ванредних догађаја у железничком саобраћају може имати веома тешке, чак несагледиве последице. На безбедно одвијање железничког саобраћаја утиче мноштво фактора. Међутим, главни фактори су човек, као непосредни учесник у саобраћају и стање комплетне инфраструктуре. Осим наведеног, безбедност железничког саобраћаја условљена је и низом других чиниоца који чине целину технолошког система железничког саобраћаја и његовог одржавања.

Све досадашње анализе недвосмислено показују да ће се број ванредних догађаја повећавати са повећањем обима превоза и обрнуто, смањивати са смањењем обима превоза на железници. Укупно гледано, безбедност саобраћаја мерена бројем ванредних догађаја зависи и зависиће од динамике развоја и одржавања транспортних капацитета, обима превоза, брзине возова, броја путних прелаза и начина њиховог

осигурања, начина нормативног регулисања саобраћаја, контроле у раду, кадровског потенцијала као и редовног школовања радника. Како је утицај наведених фактора немогуће свести на нулу, то практично значи да се и у будућем раду мора рачунати са прекидима у саобраћају, као и са закашњењима возова. Једноставно речено, ванредни догађаји су узрочници великих попремећаја у саобраћају. Они занчајно утичу на редовност саобраћаја, а тиме и на остваривање зацртаног реда вожње, што је основни задатак железничког саобраћаја. Према томе, ванредни догађај је фактор коме је нужно обезбедити висок степен интервентности, ради што бржег и безбеднијег отклањања последица. Ради реализације што квалитетнијег реда вожње неопходно је обезбедити максималну способност интервенисања помоћним возом, у циљу отклањања прекида у саобраћају. Максимално смањење времена интервенисања помоћног воза, непосредно утиче на смањење времена имобилизације оштећених возних средстава и инфраструктуре, што је и суштина наше анализе.

2. ВАНРЕДНИ ДОГАЂАЈИ

Под ванредним догађајем на железници подразумева се такав случај у обављању саобраћаја, који отежава или онемогућава редован саобраћај возова, при том угрожавајући животе путника и наносећи огромну материјалну штету. Према узроцима и последицама које су проузроковали или могу проузроковати, ванредни догађаји се деле на:

- удесе
- незгоде и
- елементарне непогоде

Удесом се сматра ванредни догађај чије су последице смрт или теже повреде лица, већи поремећај саобраћаја или већа материјална штета.

Незгодом се сматра ванредни догађај који није имао за последицу смрт или теже повреде лица, већи

¹ Чедомир Ј. Митић, маш. инж. стр. сарадник Секције за вв и ТКС Ниш, Сарајевска 22, 18000 Ниш

² Слободан Р. Гојковић, маш. инж. Шеф сервиса Секције ЗОВС Ниш, Сарајевска 22, 18000 Ниш

поремећај у саобраћају или већу материјалну штету.

Елементарна непогода је ванредни догађај изазван вишом силом уколико је овакав случај утицао или је могао утицати на уредност и безбедност саобраћаја.

Ванредни догађај који има више обележја сварстава се у одређену категорију на основу најтежег случаја. Под појмом теже последице треба схватити:

- усмрћење или повреду путника
- већи поремећај у саобраћају и
- већу материјалну штету

Већим поремећајем у саобраћају сматра се сваки прекид саобраћаја који траје дуже од 6 часова.

2.1. УДЕСИ

У ову групу ванредних догађаја спадају:

- судар возова
- налет воза
- исклизнуће воза
- пожар у возу
- експлозија у возу
- исклизнуће возила при маневрисању
- удес на путном прелазу и ван њега
- судари и налети пружних возила и исклизнуће пружних возила

С обзиром на степен угрожавања безбедности саобраћаја, начина њиховог настајања и обима последица које су најчешће тешке или могу бити такве, ова група ванредних догађаја сматра се најтежим обликом угрожавања безбедности саобраћаја. Ови ванредни догађаји директно угрожавају безбедност саобраћаја.

2.2. НЕЗГОДЕ

Ово су ванредни догађаји који кад се догоде немају за последицу смрт или теже повреде лица, као ни већи поремећај у саобраћају или знатну материјалну штету.

У ову групу ванредних догађаја спадају:

- избегнути судар возова
- избегнути налет возова
- пролаз воза поред сигнала који означава забрану за даљу вожњу или недозвољен пролазак воза кроз службено место у којем по већ утврђеном реду возње или налогу треба да стане.
- пресецање скретнице од стране воза
- раскинуће воза
- дефект вучног возила код воза
- непрописан улазак воза на зтворени колосек
- незгоде на путном прелазу и ван овог
- незгоде при маневрисању
- незгоде у ложионици, радионици, шљункари, каменолому и слично томе, а што је у саставу железнице
- пожар и експлозија код воза и на осталим објектима
- судари и налети пружних возила
- остале незгоде

2.3. ЕЛЕМЕНТАРНЕ НЕПОГОДЕ

Ванредни догађаји настали из разлога елементарне непогоде су ванредни догађаји који су проузроковани вишом силом, а утицали су или су могли утицати на безбедност и уредност обављања редовног железничког саобраћаја.

Под елементарном непогодом сматра се:

- клизање и одроњавање терена проузроковано прекомерним падавинама или нормалним топљењем снега
- поплава
- завејане пруге
- снежне лавине
- земљотрес
- бура и други случајеви проузроковани невременом или утицајем више силе-случајем који железничка организација није могла предвидети и на време предузети мере за спречавање или ублажавање могућих последица

3. МОГУЋА МЕСТА НАСТАНКА ВАНРЕДНИХ ДОГАЂАЈА

Ванредни догађаји могу настати

А. У службеним местима

- станицама (ранжирним, распоредним, међустаницама, одвојеним станицама, непосредним станицама и станицама прелаза са двоколосечне на једноколосечну пругу)
- укрсницама
- одјавницама и пружним блокарницама
- распутницама
- раскрсницама
- местима прелаза двоколосечне на једноколосечну пругу
- саобраћајно транспортним отпремништвима и товариштима
- стајалиштима

Б. На отвореној прузи

В. Код возова у станицама или на отвореној прузи

Г. На путним прелазима у нивоу и ван нивоа

Д. При кретању пружних возила, било на отвореној прузи или у станици

Ђ. На индустријским колосецима својине привредних организација ван железнице, када при раду учествује железничко особље

Е. При маневрисању у станицама, ложионицама, радионицама, шљункарницама и каменоломима



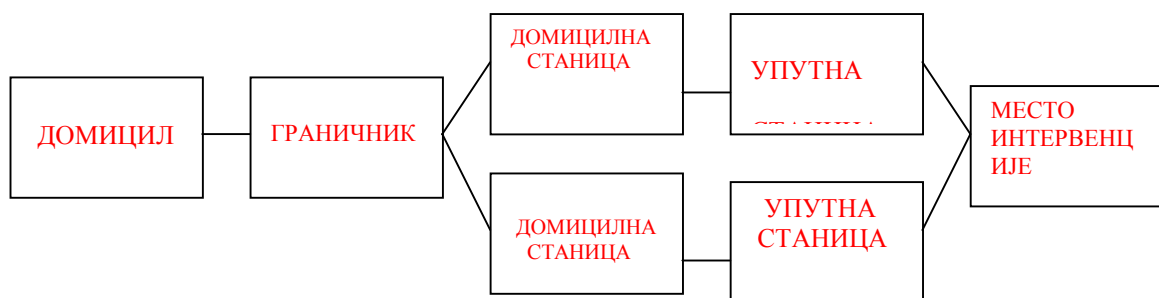
сл. 1. Непажљивим руковањем при маневрисању у ложионичком кругу, дошло је до ванредног догађаја који је проузроковао знатну материјалну штету. Олакшавајућа околност у овом случају је сазнање да није дошло ни до повређивања, нити до смртног случаја људства.

4. АНГАЖОВАЊЕ ПОМОЋНОГ ВОЗА У ЦИЉУ РАШЧИШЋАВАЊА ПОСЛЕДИЦА ВАНРЕДНОГ ДОГАЂАЈА И ПОНОВНО УСПОСТАВЉАЊЕ БЕЗБЕДНОГ И РЕДОВОНОГ ОДВИЈАЊА САОБРАЋАЈА

Након информације да је негде на прузи дошло до ванредног догађаја, помоћни воз се са људством и постојећом техником упућује, по посебном режиму и што је могуће хитније, на место дешавања ванредног догађаја, ради рашчишћавања последица истог.

Помоћни возови су посебно формиране службе на железници намењене за отклањање последица ванредних догађаја, који су онемогућили нормално

У ОДЛАСКУ →



← У ПОВРАТКУ

сл. 3. Поступак упућивања и повратка помоћног воза после извршеног задатка

5. УСПОСТАВЉАЊЕ НОРМАЛНОГ, РЕДОВНОГ ОДВИЈАЊА САОБРАЋАЈА НАКОН ИЗВРШЕНЕ ИНТЕРВЕНЦИЈЕ

После извршеног спасавања настрадалих лица, уколико је до тога дошло, одмах треба извршити радове

одвијање железничког саобраћаја по већ утрђеном реду вожње.

У свом саставу, помоћни возови имају:

- шинске дизалице велике носивости
- приколице шинских дизалица
- кола за алат и опрему
- покретне ел. централе
- кола за одмор радника
- кола за превоз шина и грађевинског материјала



сл. 2. Шинска дизел хидраулична дизалица. Обавезан саставни део опреме помоћног воза, Секције за вучу возова Ниш, у интервенцијма већег обима

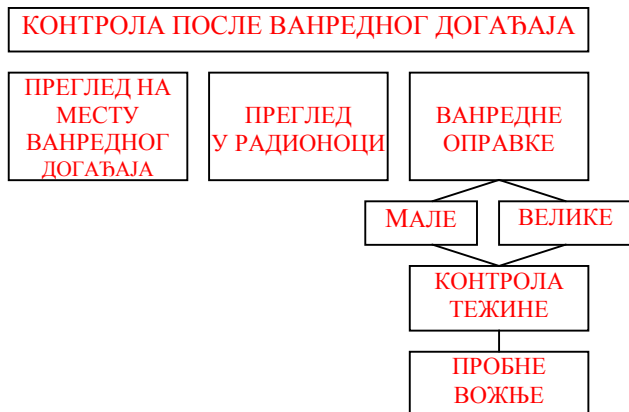
Да би у сваком тренутку помоћни воз испунио своју основну улогу, његово стање састава и опреме мора бити такво, да он буде спреман за интервенцију у сваком тренутку.

на ослобађању пруге од возила: оштећених локомотива, кола и друго, која су својим положајем закрчила колосек, а у циљу бржег успостављања саобраћаја. У ту сврху, лакше оштећена возила и она која су исклизла даље од пруге треба уклонити довољно далеко да не угрожавају безбедно одвијање саобраћаја, што је примарни задатак приликом сваког ванредног догађаја.

При извођењу радова помоћним возом, приликом рашчишћавања последица ванредног догађаја, неопходна је брига о сваком ангажованом раднику, како неби дошло до додатних и непотребних повеређивања, што би додатно отежало и онако тешку ситуацију. Дакле, да закључимо: оно што сваки ангажовани извођач радова и друга техничка лица ангажована у помоћном возу већ знају или би морали знати је да је у оваквом послу брзина важна, али не и најбитнија. Најбитнија је безбедност људства која је на првом месту, па онда и све друго.

6. ПОСТУПАК СА ИСКЛИЗЛИМ И ОШТЕЋЕНИМ ВОЗИЛИМА ПОДИГНУТИМ НА КОЛОСЕК НАКОН ИЗВРШЕНЕ ИНТЕРВЕНЦИЈЕ

Ниједно возно средство које је исклизло па потом подигнуто на колосек, при том и оштећено, несме се кретати без претходног техничког прегледа на лицу места од стране одређеног техничког лица. Подигнуто возно средство, оштећено у ванредном догађају, треба на лицу места прегледати и утврдити степен оштећења, поштујући актуелне нормативе о безбедности у саобраћају. Ако су у питању вучна средства-кола, обавезно се на лице места упућује и прегледач кола, ради прегледа истих. У том смислу, ни једно исклизло возило несме се поново укључити у саобраћај без извршења детаљног техничког прегледа у «ложионици», депоу, односно радионици. Брзину којом се оваква возила могу кретати одређује меродавни технички орган након извршеног техничког прегледа. Такође, прегледом возила на месту удеса утврђује се начин кретања транспорта оштећених возила или на сопственим точковима или утоваром на друга возила припремљена за ову сврху.



сл. 4 Посебна стручна контрола вучених возила

Велики допринос минималној имобилизацији свих оштећених средстава, после ванредног догађаја, свих субјеката укључених у рашчишћавање последица ванредног догађаја је у спречавању накнадних оштећења приликом извођења саме интервенције или допреме до радионице, што је и основни циљ и смисао овакве врсте активности.

Ово испитивање и контролисање представља не само нужност него и законску обавезу која се заснива на одредби Закона о основама безбедности у железничком саобраћају.

7. ПРЕВЕНТИВНЕ МЕРЕ ЗА СПРЕЧАВАЊЕ, А АКО СЕ ТО ВЕЋ ДОГОДИ, УБЛАЖАВАЊЕ ПОСЛЕДИЦА ВАНРЕДНОГ ДОГАЂАЈА, КАО ДОПРИНОС ВЕЋЕМ СТЕПЕНУ ИСПРАВНОСТИ ВОЗНИХ СРЕДСТАВА И ИНФРАСТРУКТУРЕ

Последице ванредних догађаја изражавају се у броју повређених и усмрћених железничких радника, путника и трећих лица, као и прекиду саобраћаја. У целини гледано, безбедност саобраћаја мерена бројем ванредних догађаја зависи од степена развоја као и одржавања транспортних капацитета, обима превоза, брзине возова, броја путних прелаза и врсте њиховог осигурања, начина нормативног регулисања саобраћаја, контроле у раду, кадровске структуре и едукације радника.

Утицај свих побројаних и релевантних фактора и поред упорног настојања немогуће је свести на нулу. То значи да се и у будуће мора рачунати са прекидима у саобраћају из разлога узрочника великих поремећаја у саобраћају.

Ванредни догађај је фактор коме треба одредити висок степен најсавременије интервенционости ради што ефикаснијег отклањања последица. Ванредни догађаји ће се дешавати и даље, како смо то већ апострофирали, независно од наших жеља. Но, ми ипак морамо смањити њихов утицај на реализацију утврђеног реда вожње смањењем времена трајања интервенција на отклањању последица ванредних догађаја, када већ до њих дође. Тако се поставља незаобилазно питање – како?

На овако конкретно питање логично следи и прецизан одговор – бољом организованом и модернизацијом помоћних возова.

Нема сумње да је осим увођења нове саобраћајне технике и њено стављање у функцију неопходно задовољити и услов да извршиоци послова имају неопходни ниво опште, а нарочито техничке интелигенције (смисао за брзо решавање тренутно насталих техничких и саобраћајних проблема), што би био велики допринос мањој имобилизацији већ оштећених возних и других средстава, важног чиниоца у остваривању зацртаног реда вожње.

Када већ дође до ванредног догађаја, а у циљу ублажавања последица, представник саобраћајне делатности-шеф станице, примљени извештај о насталом ванредном догађају мора добро разумети и исти упоредити са стањем на лицу места. Према околностима, његова обавеза је да одмах изда налог за даље вршење саобраћаја, у случају да се не ради о потпуном прекиду саобраћаја. Упоредо са организовањем транспорта повређених и тешко повређених уз претходно указану неопходну помоћ до смештаја у здравствене установе, он мора послати информације надлежним службама, са образложењем какву технику треба употребити за рашчишћавање последица ванредног догађаја, у складу са његовом максималном проценом. Успешност шефа станице у оваквом тренутку може бити изузетно важна, уз услов да и све остале делатности у садејству имају спремну технику, мобилно људство и правилну локацију средстава и потребног материјала за ове сврхе.

8. ЗАКЉУЧАК

Овим што је речено у овом раду само је, такође, дотакнута укупна проблематика везана за ванредне догађаје. Због ограничене дужине рада само су кроки прегледом обрађени неки од могућих релевантних момената везаних за ову врсту делатности, јер у односу на оно што примењујемо у пракси постоје и те како савременији системи. Но, како су наше железнице, као и њихов обим рада далеко мањи у односу, чак и на неке суседне, а да не помињемо развијеније железничке управе у Европи и свету, можда бисмо и могли бити задовољни. Из тог разлога сматрамо да је потребна интензивнија сарадња научно-истраживачких институција и железнице. На основу претходног разматрања, може се закључити следеће:

1. Неопходно је у што краћем временском року помоћне возове опремити што савременијом опремом
2. Од постојећег броја помоћних возова, бар 50% морају бити у стању да успешно интервенишу код сваког ванредног догађаја, чиме би се приметно смањило време трајања интервенције.
3. Опрема која се прибавља мора бити примерена условима рада помоћних возова, мора бити лагана, резистентна на ударе и што је најважније, може се користити у свако доба и без посебне припреме.
4. Сматрамо да помоћни возови неби требало да имају омеђене секторе рада, односно интервенисања
5. Опрема помоћних возова требало би да буде унифицирана

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Мишић С., Јовановић С., Косановић Н., Ђурић Б., *Теорија и пракса ванредних догађаја и удеса на ЈЖ*, Железнички институт у Београду 1968.
- [2] Галичанин Е., Реферат на стручном скупу о примјени савремене хидрауличне опреме за дизање возила и рашчишћавање пруге након ванредних догађаја, Сарајево, октобар 1986.
- [3] Ујчић Ј., «Средства и методе организовања техничке контроле са становишта безбедности железничког саобраћаја (део II)», *Железнице – научно стручни часопис*, Београд, јануар 1993.

Special events and the shape of means of transport, their effects onto infrastructure and means of their reduction

Cedomir J. Mitic, Slobodan R. Gojkovic

Abstract: *In this article the authors address the occurrence, types of special events as well as possible places of their occurrence, the use of an additional train in order to clean up the event's site, and, finally, the establishing of regular and safe train traffic afterwards. The prevention and reduction of consequences of special events as a way of contributing to a higher degree of quality of transport vehicles and infrastructure.*

Key words: *special events, additional train, prevention, train traffic.*

TEHNOLOŠKI RAZVOJ ŽELEZNICE I OBRAZOVANJE

Danilo Paunović¹

Rezime: Tema se odnosi na obrazovanje kadrova za potrebe budućeg razvoja železnice. O ovom pitanju bilo je reči na IX naučnostručnom simpozijumu "Tehnika železničkih vozila", održanom u Nišu, oktobra 2000. godine, kao i na sastanku Komisije za tehničko rešenje i rekonstrukciju elektrolokomotive serije 441, održanom u Beogradu 18.05.2001. godine. Na ovim skupovima dominirala su pitanja obuke kadrova (za uspešno održavanje i opsluživanje voznih sredstava i smanjenje imobilizacije) kako na železnici, tako i u industriji šinskih vozila i kod remontera. Autor se zalaže da se obrazovanju kadrova za nove tehnologije da prioritet u razvoju železnice.

Ključne reči: obuka kadrova, nove tehnologije, industrija šinskih vozila, eksploatacija.

1. UVOD

U svetskim razmerama nezadrživo nastupa postindustrijska era koja se manifestuje u vidu nove tehnologije i kroz računarsku i informatičku revoluciju. Razvoj železnice zasniva se na unapređenju nauke, obrazovanja, informatike, organizacije i tehnologije. Sve železničke uprave sveta angažuju se na prilagođavanju i osvajanju nove tehnologije bez koje nema napretka.

Poznato je da tehnološka moć svakog društva bitno opredeljuje njegovu ekonomsku poziciju što, u krajnjoj liniji odredjuje i kvalitet života i rada.

Svakako da će u daljem razvoju železnice prioritet imati tehnološki modernija i složenija sredstva. To ne znači da će železnica odmah napustiti dosadašnja tehnološki jednostavnija sredstva, već da se prednost dati nabavci i savremenijih, modernijih i složenijih sredstava.

Ovako opredeljenje za modernija sredstva postavlja i pred JŽ zahtev za obrazovanjem kadrova za praćenje nove tehnologije koji će se starati o radu i održavanju ovih sredstava.

2. STRATEGIJA TEHNOLOŠKOG RAZVOJA I OBRAZOVANJA

U strategiji tehnološkog razvoja železnice neophodno je preduzeti mere i aktivnosti kojima bi se obrazovanje za posebna železnička zanimanja, njegov sistem, odnosno nastavni proces osposobljavanja za ostvarivanje osnovnih pravaca i ciljeva programa tehnološkog razvoja doveli na viši nivo.

Planiranje obrazovanja, u osnovi, jeste traženje najbolje moguće upotrebe vrlo ograničenih sredstava koja se dodeljuju obrazovanju. S druge strane, postavljanje ciljeva obrazovanja jeste sastavni deo planiranja obrazovanja. Obrazovni zahtevi koje treba zadovoljiti definišu se globalno, izvan obrazovanog sistema. Zadatak tog obrazovnog sistema jeste da ih iskaže u obliku obrazovnih sadržaja - programa.

Poznata je činjenica da je definisanje profila i izrada obrazovnih programa izuzetno osetljiv, značajan i odgovoran zadatak. U didaktičkoj teoriji ističe se da je izbor programskih sadržaja jedan od njenih najtežih problema od kojeg najneposrednije zavisi obrazovanje i

vaspitanje. Stoga je začudjujuće da u praksi ovom pitanju nije dat adekvatan značaj, što se može dokazati sledećim činjenicama:

1. Zakonom o obrazovanju regulisano je pitanje priograma i između ostalog precizirano ko utvrđuje, verifikuje i izvodi programe, ali ono što je osnovno - ko ih izrađuje - nije navedeno. Naš sistem obrazovanja, naročito u programskom i tehnološkom (didaktičko-metodičkom) smislu, paralizovan je i nedovoljno otvoren za promene. Rascepanost znanja u zatvorene sektore karakteristika je postojećih planova i programa obrazovnog rada koji su više prilagodjeni nastavnicima nego potrebama tehnologije.
2. Izradi profila i programa trebalo je da prethodi usvojena realna jedinstvena nomenklatura zanimanja.
3. Izrada ovih dokumenata trebalo bi da bude institucionalizovana iz više razloga: profilisanje i programiranje zahteva vrlo visok nivo stručnosti, ali i izuzetno poznavanje i vladanje metodologijom programiranja obrazovanja, permanentno praćenje i vrednovanje programa što mora udovoljiti nisu vrlo složenih zahteva koje postavlja didaktička teorija. Da bi se ostvarilo metodološko jedinstvo u programiranju njega moraju da organizuju, vode i usmeravaju dobro organizovane odgovarajuće stručne službe u preduzeću, kao i prosvetno - pedagoškoj službi. Pri tome je neophodno uspostaviti i čvrste oblike saradnje sa obrazovnim institucijama koje realizuju programe, uz angažovanje odgovarajućih stručnjaka iz privrede koji svojim iskustvom i znanjem mogu dati doprinos valorizaciji i osavremenjavanju programskih sadržaja koji proizilaze iz zahteva rada i nove tehnologije.

Takav zahtev proističe iz saznanja da će tehnološki razvoj železnice dovesti do svestrane i neminovne promene u sadržaju i karakteru rada i uloge čoveka u procesu rada, upravljanja, organizacije.

S obzirom na današnje stanje tehnološkog razvoja naše železnice i remontera (struktura i tehnička opremljenost, izvori sredstava - raspoloživa i pretpostavljena ekonomska moć), moramo računati na razne vrste prevoznih

¹Danilo Paunović, dipl.maš.inž, Beograd

tehnologija, pa, prema tome, i na različite zahteve koji se postavljaju obrazovanju i znanju. Naime, izbor novih sredstava i tehnologija mora uvažavati raspoloživu kvalifikacionu strukturu radne snage (dokvalifikacija i prekvalifikacija).

Savremena tehnologija rada nameće nove zahteve u odnosu na sadržinu i nivo kvalifikacione strukture radnika. Naime, savremena sredstva predstavljaju složeni agregat u kome istovremeno rade ne samo (i sve manje) mehanički nego i električni, elektronski, hidropneumatski sistemi. Umesto mehaničkih i elektromehaničkih podsklopova, sve će se više primenjivati elektronski podsklopovi. Informatika će putem elektronike razviti funkciju integralnog upravljanja i praćenja odvijanja saobraćaja, korišćenja sredstava i praćenja njihovog stanja. Od radnika na svim nivoima zahtevaće se da poseduju mnogo više tehnološkog znanja i sposobnosti. Zaposleni će morati da se dokvalifikuju za primenu novih tehnologija.

Otuda u obrazovanje sve više treba ugrađivati one sadržaje i primenjivati one metode vaspitno-obrazovnog rada koji doprinose osposobljavanje na široj politehničkoj osnovi. Znanje iz oblasti organizacije rada i upravljanja, poznavanje sredstava, njihovo održavanje i eksploatacija moraju biti integralni deo svih planova i programa obrazovanja i usavršavanja i mladih i starijih radnika.

3. PERMANENTNO USAVRŠAVANJE

Neophodne su radikalne promene u sistemu, sadržaju i organizaciji permanentnog usavršavanja. Današnji sistem vaspitanja i obrazovanja i obrazovna politika nisu na visini zadatka i nisu spremni za tehnološke izazove pred kojima se nalazimo.

U našem sistemu obrazovanja i vaspitanja, i pored niza preduzetih mera radi njegove modernizacije, prevladaju zastareli programi, metode i organizacija rada i dominira vaspitanje za adaptaciju.

U do sada izradjenim programima tehnologije zanimanja i praktične nastave postojala je velika šarolikost u koncepciji programa. Cilj i zadatak nisu precizirani i metoda uputstva vrlo su različito shvaćena.

Nema nužne korelacije između sadržaja tehnologije zanimanja i odgovarajućih predmeta iz uže stručnog područja. Potrebno je maksimalno izbegavati ponavljanje sadržaja.

Kontinuitet između gradiva nižeg i višeg razreda nije ostvaren na zadovoljavajući način, ima mnogo ponavljanja, što se mora svesti na minimalnu meru. Mora da postoji kontinuitet sadržaja i da gradivo višeg razreda bude izloženo na višem nivou.

Tehnologija zanimanja i praktična nastava moraju činiti logičnu i sadržajnu celinu. Sadržaj tehnologije zanimanja moraju da predstavljaju teorijsku podlogu osmišljenom ovladavanju konkretnim sadržajima praktične obuke. Program praktične nastave, po formi i sadržaju u nekim slučajevima vrlo mnogo liči na programe tehnologije zanimanja. Nije, zapravo, dovoljno naglašeno da nastavnik na praktičnoj nastavi treba što manje da drži predavanja, a što više da upućuje učenika na konkretne zadatke u okviru njegovog zanimanja.

Na primer, nastavnik na praktičnoj nastavi za zanimanje mašinstvo ne treba da drži nikakva teorijska predavanja

po šemama ili skicama. Zadatak mu je da neposredno pokaže kako se uočavaju kvarovi, koliko su oni teški, kako se otklanjanju i kada se nastavlja vožnja, odnosno kada nije dozvoljena dalja vožnja. Ta praktična nastava mora se obavljati u depou na samim vozilima ili u kabinetu ako je odgovarajuće opremljen. Drugim rečima, nastavnik mora da simulira kvar, a učenik da ga uoči, navede razloge njegovog nastanka i otkloni ga ako je to moguće.

Isto tako i za oistala zanimanja (održavanje voznih sredstava, tehnika signalno-sigurnosnih uređajaja, kontaktna mreža, regulisanje saobraćaja i dr.) mora da se organizuje i planira praktična obuka.

4. ZAKLJUČAK

Obrazovna politika preduzeća jedna je od njegovih funkcija i čini sastavni deo razvojne politike. Zasniva se na odgovarajućim normativnim aktima i cilj joj je kvalitetno održavanje vozila i tehnike u industriji, a u eksploataciji bezbednost i urednost saobraćaja.

Normativni akti koji se odnose na obrazovanje na železnici i koji obezbeđuju odgovarajuću obrazovnu politiku, a naročito Pravilnik 646, Pravilnik o obrazovanju radnika i Pravilnik o sticanju stručne spreme radnika u zanimanjima izvršne službe, različito su prilagodjeni sadašnjim potrebama preduzeća.

Politika reformisanog obrazovanja treba da polazi od sledećih načela:

- stručno obrazovanje kadrova mora da predstavlja sastavni deo politike modernizacije železničkih sredstava i opreme;
- neophodna je stalna provera znanja i stepena stručne osposobljenosti za poslove koji su vezani za kvalitetno održavanje sredstava i opreme i za bezbednost saobraćaja;
- nužna je revizija nastavnih planova i programa obrazovnih institucija. Mora se preći ekstenzivne na intenzivnu nastavu, tako da ona postane savremenija, racionalnija, tehnički opremljenija, povezanija s praksom i konkretnim radom tokom školovanja u industrijskim školama (ŽIS-u) i da se kooperativno uskladjuje sa zahtevima savremene tehnike i prakse.
- nastavni sadržaji i njihovo savladjivanje moraju stalno biti proveravani u praksi putem seminarskih radova učenika i mentorskog rada nastavnika, što treba da dovede do povećanja kvaliteta i proizvodnosti rada.

Radi postizanja navedenog, ŽTP i radionice za održavanje železničkih voznih sredstava i tehnike moraju u svojoj organizaciji da imaju Centar za organizaciju, projektovanje i programiranje obrazovanja, s odgovarajućim brojem stručnih radnika različitih profila koji se bave programiranjem, projektovanjem, unapređenjem obrazovanja u specijalizovanim školama u industriji ŽIS, a na železnici Školski centar.

Idealno bi bilo kada bi ovaj Centar bio jedinstven za železnicu i za preduzeća za održavanje voznih sredstava i tehnike i sve prateće grane koje učestvuju u radu železnice.

Osnovna uloga stručnjaka Centra bila bi da uz pomoć saradnika iz školskih centara i ŽIS-a, kao i stručnjaka iz preduzeća, prate i proučavaju tehničko-tehnološki i ekonomski razvoj železnice i preduzeća da bi ga što

uspešnije i adekvatnije ukomponovali u planove i programe obrazovanja kadrova.

Može se reći da stručnost kadrova za rad na održavanju železničkih vozila i opreme i u eksploataciji nije zadovoljavajući. Uzrok ovome može se tražiti, pre svega u programima za obrazovanje (mali fond sati za struku), nedostatku praktične nastave i materijalnih uslova za organizovanje savremenih metoda rada, kao i stručnih predavača za izvodjenje nastavnog procesa.

Zainteresovane organizacije koje školuju ovakav kadar morale bi da imaju jasne zahteve o profilu stručnjaka i programima njihovog osposobljavanja. Mora se obezbediti jak uticaj obrazovnih institucija u okviru železnice i van njenog sastava na programe nastave i načine izvodjenja nastave.

Isto tako, odgovorni na železnici morali bi da se izbere da se nastavni plan i program koncipiraju tako da dve trećine programa obuhvati struku i praksu, a jedna trećina opšteobrazovne predmete. Zbog toga što je železnica specifična grana koja je odgovorna za bezbednost sredstava koja učestvuju u saobraćaju.

Najbolji način obrazovanja kvalitetnih kadrova jeste ako bi se povezalo obrazovanje: ŽIŠ- praktičan rad na određeno vreme na održavanju voznih sredstava i opreme, pa ponovno dodatno obrazovanje za određeno zvanje i zanimanje u železničkim školskim centrima. Na taj način dobili bi smo stručnjaka specijalistu, a ne priučenog radnika koji ima malo veze sa praktičnim radom i koji ne poznaje sredstvo onako kako bi trebalo da bi ga uspešno opsluživao i održavao.

Literatura:

- [1] Zakon o usmerenom obrazovanju i vaspitanju, Sl. glasnik SRS br. 14/86
- [2] Službeni glasnik SRS, br. 5/87
- [3] Zakon o bezbednosti u železničkom saobraćaju, Sl. glasnik ZJŽ br. 5/98
- [4] Pravilnik 646 o stručnoj spremi radnika koji neposredno učestvuju u vršenju železničkog saobraćaja, Sl. glasnik ZJŽ br. 10/86, 2/87 i 6/90

THE TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF RAILWAY ANDEDUCATION

Danilo Paunovic, B.Sc.Eng., Belgrade

Abstract: *The paper deals With the staff training for the future railway development.*

This issue was discussed at the 9th cientific/professional Symposium "the Techniques od Railway Vehicles" held in Nis in October 2000, as well as at the meeting of the Committee for tehncial solution and reconstruction of serie 441 locomotive, held in Belgrade on May 18,2001, At these meetings the main issues were those concerning the staff training (for a successful maintenance and servicing of traction and rolling stock and improvement of availability), not only on the railway, but also in the railway rolling stock building and industry and bu overhaul organizations. the author supports the idea that the staff training for new technologies should be given prioritu in the railway's development policy.

Key words: *railway, staff training, new technologies, overhaul organizations, railway traction and rolling stock indistry, operations.*

ПОУЗДАНОСТ ВУЧНИХ ВОЗИЛА И БЕЗБЕДНОСТ САОБРАЋАЈА У ЖТП "БЕОГРАД"

Радисав Вукадиновић¹

Резиме: У раду се приказује основна поставка поузданости и безбедности у железничком саобраћају са посебним освртом на вучна возила као фактор поузданости и безбедности саобраћаја. На бази расположивих статистичких података оцењује се стање поузданости и безбедности вучних возила путем одговарајућих показатеља експлоатационе поузданости и безбедности саобраћаја у ЖТП "Београд".

Кључне речи: железница, вучна возила, поузданост, безбедност саобраћаја.

1. УВОД У ПРОБЛЕМ

Функционисање железничког саобраћаја у основи се заснива на исправном и правилном функционисању возова при њиховом кретању на железничкој мрежи.

Функционисање сваког појединачног воза, као сложеног техничког система – прописано формираног од одређеног броја железничких вучних возила и кола, условљено је исправним функционисањем свих његових саставних делова.

Вучна возила у саставу воза имају погонску функцију чијим се деловањем омогућава кретање возова.

Безбедност железничког саобраћаја је у првом реду везана за поузданост железничких возила и сигурност кретања возова на мрежи железничких пруга.

Железничка вучна возила представљају основне активне чиниоце безбедности саобраћаја, која зависи од њихових конструкционих карактеристика, квалитета производње, одржавања и оправки, опремљености сигурносно-заштитним уређајима, стања исправности у току експлоатације и правилног рада особља које њима управља, а осим тога и од утицаја стања исправности пруга и терета који се превози.

Проблем угрожавања безбедности железничког саобраћаја манифестује се кроз појаву разних тзв. ванредних догађаја, од којих су најтежи појавни облици: судари и исклизнућа возова и др.

Такве појаве наступају услед отказа (непоузданости) у раду појединих елемената железничког система и оне стоје у одређеном узрочно-последичном односу.

Железнички саобраћај се безбедно обавља, ако се ванредни догађаји не дешавају при чему се сматра да је то безбедно стање саобраћаја.

Предмет и садржај овог рада управо ће се односити на експлоатациону поузданост вучних возила и њихов утицај на безбедност саобраћаја у ЖТП "Београд" што ће се разматрати преко одговарајућих показатеља за 2001. годину.

2. ОСНОВНА ПОСТАВКА ПОУЗДАНОСТИ И БЕЗБЕДНОСТИ У ЖЕЛЕЗНИЧКОМ СИСТЕМУ

У основне утицајне чиниоце безбедности железничког саобраћаја, осим вучних возила (L) и кола (K) са теретом (T) који се превози возовима на пругама (S) укључених у саобраћај, уз деловање њиховог окружења (O) свакако спада и људски фактор – човек (Č) који њима управља.

У складу са предњим ставом, безбедност железничког саобраћаја (B) је у директној зависности од поузданости (R) напред наведених елемената који су међусобно ланчано повезани у процесу саобраћаја.

Процес железничког саобраћаја има карактер ланчаног процеса рада код кога свака грешка (отказ) у раду човека или неког техничког средства (возила, пруге и др.) због њиховог квара, неисправности или неправилне употребе доводи у питање кидане тог ланчаног процеса и настанак дефектних стања тзв. ванредних догађаја (V) у железничком систему који угрожавају безбедност саобраћаја.

Сви учествујући елементи (компоненте) железничког система (Szs) морају исправно тј. поуздано функционисати да би се остварили потребни услови за постојање потпуне безбедности саобраћаја (B) које се може представити функционалном зависношћу: $B=F(Rszs)$.

Тако посматрано укупна поузданост система железничког саобраћаја (Rszs) зависи од поузданости свих суделујућих елемената, што се може исказати следећом релацијом:

$$Rszs=R(L \cdot K \cdot T \cdot S \cdot Č \cdot O)=R(L) \cdot R(K) \cdot R(T) \cdot R(S) \cdot R(Č) \cdot R(O) \leq 1$$

Како се поузданост сваког елемента креће у границама (0-1) то је укупна поузданост железничког система $Rszs \leq 1$.

Ако се пође од чињенице да у железничком систему у одређеном верменском периоду постоји велики број (n) свих догађаја стања система, онда се оцена поузданости, односно безбедности саобраћаја у њему заснива на испитивању односа одређеног броја (m) – подскупа ванредних догађаја (V) који карактеришу небезбедна стања (откази) која угрожавају безбедност према броју подскупа

¹ Доцент др Радисав Вукадиновић, Машински факултет Ниш.

догађаја безбедносних стања (В) коме одговара број од (n-m) стања поузданог рада елемената система.

У вези предњих поставки безбедност железничког саобраћаја (В) може се исказати као вероватноћа да се у систему не дешавају ванредни догађаји у облику:

$$B = P(B) = \frac{n-m}{n} = 1 - \frac{m}{n}$$

Онда се угрожавање безбедности саобраћаја (U_g) може представити као вероватноћа наступања ванредних догађаја

$$U_g = P(V) = \frac{m}{n}$$

одакле следи да је: $B=1-U_g$, безбедност утолико већа што је угроженост мања.

3. КАРАКТЕРИСТИЧНИ ПАРАМЕТРИ ПОУЗДАНОСТИ РАДА СИСТЕМА

Поузданост система $R(t)$ представља вероватноћу успешног рада система или неког његовог елемента у периоду времена (t) без квара (отказа) до времена појаве отказа (t_0), тј.: $R(t)=P(t_0>t)\leq 1$. Поузданост рада система или неког његовог дела може се дефинисати следећим карактеристикама:

1) $F(t)$ – функцијом непоуздности система (обухваћена је кумулативна расподела кварова) која се дефинише следећом релацијом:

$$F(t) = \frac{N_u(t) - N_i(t)}{N_u(t)} = 1 - \frac{N_i(t)}{N_u(t)} = 1 - R(t) \Rightarrow$$

$$F(t) = \frac{N_o(t)}{N_u(t)} \leq 1$$

где је: $N_o(t)$ – број елемената (или стања) у систему који су били неисправни у посматраном временском интервалу.

2) $R(t)$ – функција поузданости рада система је комплементарна функција непоуздности и може се дефинисати следећом једнакошћу: $R(t)+F(t)=1$, $R(t)=1-F(t)$, одакле следи да је:

3) $f(t)$ – густина вероватноће кварова (отказа) у систему, је такође важна карактеристика поузданости система а дефинише се као:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \Rightarrow F(t) = \int_0^t f(t)dt$$

На основу предњих релација може се укупан број регистрованих отказа, односно кварова у систему (N_o) изразити следећом релацијом:

$$N_o = \int_0^{\infty} f(t)dt$$

4) $\lambda(t)$ – функција интензитета (учесталости) појаве отказа (кварова) у систему дефинише се следећим изразом:

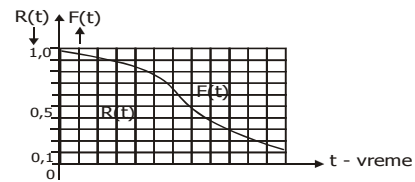
$$\lambda(t) = \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{R(t) * \Delta t}$$

где је Δt – посматрани временски интервал.

На основу даљих математичких посматрања

решавање у коначном облику општа функција поузданости

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t)dt} \leq 1$$



Сл. 1. Однос промена поузданости и непоуздности техничких средстава у току времена

може се исказати у облику:

где $\lambda(t)$ – представља брзину појаве неисправности.

Важно је још истаћи да поузданост рада неког техничког система или средства зависи од стања његове исправности, протеклог века његове експлоатације, степена његове истрожености и одржавања, што важи и за вучна возила са порастом времена века њиховог коришћења (порастом старости) њихова се поузданост стално смањује.

Промена поузданости, односно непоуздности и њихова међузависност из претходних релација може се представити графички као на слици 1.

4. ПОКАЗАТЕЉИ ЕКСПЛОАТАЦИОНЕ ПОУЗДАНОСТИ ВУЧНИХ ВОЗИЛА У ЖТП "БЕОГРАД"

ЖТП "Београд" је током 2001. године рсполагао сопственим вучним парком од укупно 497 вучних возила различитих типова и серија од којих су 210 електровучна возила (EVV) са процентом учешћа 42% у укупном броју према учешћу дизел вучних возила од 57,7% уз занемарљиво учешће парних локомотива што је приказано подацима у табели 1.

Осим тога ЖТП "Београд" је ангажовало изванредан број вучних возила страних железничких управа како то показују подаци из табеле 1.

Без обзира на врсту и тип конструкције вучна возила се састоје из следећих основних конструкционих целина значајних за безбедност саобраћаја: носећих рамова доњег постоља (обртна и друга постоља) трчећег (котрљајућег) строја са осовинским склоповима и системом огибљења вучног возила, носеће и заштитне конструкције – сандука са управљачницама вучног возила, вучних, одбојних и кочионих уређаја, погонске машине, преносника снаге, командно-регулационих, сигурносно-заштитних и других помоћних уређаја.

Вучна возила, појединачно посматрана, представљају сложен технички систем састављен од великог броја различитих компоненти. И поред међусобно значајних разлика компоненте вучних возила се могу груписати у три техничка подсистема: механички, електрични и пнеуматски.

Вучна возила, према својој основној намени на железници служе за вучу возова, те у ту сврху морају бити способна да генеришу потребну вучну силу, потребну кочну силу и друге функције. Поузданост вучних возила уопште је функција њихове конструкције, степена истрожености, одржавања и

правилне употребе.

Функционисање вучног возила као система, условљено је исправним стањем саставних делова сва три његова наведена подсистема.

Железничка вучна возила су системи са структурама у радној вези, те је исправност односно поузданост вучног возила условљена исправношћу чланова система. Отказ било којег склопа тиме представља и отказ вучног возила.

За поузданост вучних возила квар (дефект) је врло важна појава. Квар је престанак способности вучног

возила да обавља своју функцију. Кварови имају карактер случајних догађаја.

Под дефектом вучног возила код воза, подразумева се квар који се појавио у току времена у коме је вучно возило имало радну улогу на возу.

Експлоатациона поузданост вучних возила представља вероватноћу појаве свих оних отказа у раду вучних возила који изазивају престанак њиховог правилног функционисања и иста доводе у дефектна стања (неспособност за рад).

Табела 1. Карактеристике стања и експлоатационе поузданости вучних возила у ЖТП "Београд"

| Врсте и тип. вуч.воз. | | Бројно стање в.в. | | | Имобил. Pi(%) | Бр.деф. Nd | ndvv (деф./в.в.) | Претрч.км ΣML(km) | ndt (det/10 ⁵ lok km) | Ld (km) |
|--------------------------|-------------|-------------------|---------------|----------------|------------------|---------------|---------------------|----------------------|--|------------|
| | | Укуп. M | Исправ. Mi | Неисправ Mo | | | | | | |
| Тип в.в. | Серије | | | | | | | | | |
| I. Диз. в.в. | 621 | 2 | 2 | 0 | 0 | 10 | 5,0 | 124495 | 8,1 | 12450 |
| | 641 | 95 | 21 | 74 | 78 | 465 | 22,0 | 1472386 | 31,6 | 3166 |
| | 642 | 22 | 1 | 21 | 95 | 7 | 7,0 | 70096 | 10,0 | 10013 |
| | 643 | 12 | 3 | 9 | 75 | 36 | 12,0 | 275763 | 13,1 | 7660 |
| | 645 | 4 | 0 | 4 | 100 | - | - | - | - | - |
| | 661 | 85 | 20 | 65 | 76,5 | 168 | 8,4 | 2110874 | 7,96 | 12565 |
| | 664 | 9 | 0 | 9 | 100 | - | - | - | - | - |
| | 666 | 4 | 2 | 2 | 50 | 25 | 12,5 | 213633 | 11,7 | 8545 |
| | 710 | 3 | 2 | 1 | 33 | 30 | 15 | 35990 | 83,4 | 1200 |
| | 712 | 15 | 2 | 13 | 87 | 15 | 7,5 | 305125 | 49,2 | 20342 |
| | 812 | 33 | 15 | 18 | 54,4 | 285 | 19,0 | 2108997 | 13,6 | 7400 |
| | Σ D.V.V. | 284 | 68 | 216 | 76 | 1041 | 15,3 | 6717332 | 15,5 | 6452 |
| II. Ел. в.в. | 412/416 | 42 | 13 | 29 | 68 | 358 | 27,5 | 2427184 | 14,80 | 6780 |
| | 441 | 92 | 51 | 41 | 44 | 1046 | 20,5 | 7330806 | 14,30 | 7008 |
| | Σ E.V.V. | 210 | 104 | 106 | 49,5 | 2614 | 25,1 | 14131872 | 18,5 | 5406 |
| III. Пар.ло | | 3 | 2 | 1 | 33 | 0 | 0 | 5951 | 0 | 5951 |
| Укуп. свих в.в. ЈЖ | | 497 | 174 | 323 | 65 | 3655 | 21,0 | 20855155 | 17,5 | 5706 |
| IV. Страна в.в. на ЈЖ | 781 CFR | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 4034 | 50,0 | 2017 |
| | 55;06 BDŽ | 2 | 2 | 0 | 0 | 45 | 22,5 | 322388 | 14,0 | 7164 |
| | 492 FS | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | 3 | 6609 | 45,4 | 2203 |
| | Σ стр. лок. | 5 | 5 | 0 | 0 | 50 | 10 | 333031 | 15,1 | 6661 |

За оцену експлоатационе поузданости, као мере успешног функционисања вучних возила, могу нам послужити следећи показатељи:

1. M_i – број исправних вучних возила
2. M_o – број неисправних (у отказу) вучних возила
3. ΣNd (дефеката) – укупан број дефеката (кварова) свих вучних возила

4. $Pd = \frac{Nd}{\Sigma Nd} \cdot 100[\%]$ - проценат учешћа дефеката

појединих типова (серија) вучних возила (N_d) у укупном броју дефеката

5. $n_{dv} = \frac{Nd}{M} (def / v.v.)$ - просечан број дефеката (N_d) по вучном возилу у односу на укупан број вучних возила (M) одређеног типа (серије) која имају радну функцију

6. $K_{ti} = \frac{Ti}{Tuk} = \frac{Ti}{Ti + To} \leq 1$ - коефицијент техничке исправности вучних возила представља расположивост вучног возила, исказује се односом укупног времена исправног стања (T_i)

и укупног времена посматраног периода ($T_{uk} = T_i + T_o$) у оквиру кога се налази укупно време које вучно возило проведе у стању отказа (T_o).

7. ndt – просечан број дефеката вучног возила на претрчаних 100.000 км, добија се по обрасцу:

$$n_{dt} = \frac{Nd \cdot 10^5}{\Sigma ML} \left(\frac{def.}{10^5 lok.km} \right)$$

8. $p_i = \frac{M_o}{M} 100(\%)$ - проценат имобилизације

вучних возила представља однос укупног броја неисправних вучних возила (M_o) на редовним и ванредним оправкама према укупном броју вучних возила (M) за посматрани временски период

9. ndr – број дефеката вучних возила по извршеном бруто вучном раду од милијарду брутотонских километара ΣQL (brtkm) по обрасцу:

$$n_{dr} = \frac{Nd \cdot 10^9}{\sum QL} \left(\frac{def.}{10^9 brkm} \right)$$

10. $L_d = \frac{\sum ML}{Nd}$ (km) - просечан број пређених километара вучних возила по дефекту, тј. између појаве њихових дефеката.

На бази расположивих података у табели 1, приказују се неки од наведених показатеља експлоатационе поузданости вучних возила ЖТП "Београд" за 2001. годину.

Код испоручивања савремених нових вучних возила и њиховој предаји у експлоатацију рачуна се са високом поузданошћу тако да не би смело да се догоди више од 2 до 3 квара на пређених милион километара.

5. СТАЊЕ БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА У ЖТП "БЕОГРАД"

Оцена стања безбедности саобраћаја може се извршити преко броја ванредних догађаја који су се догодили у посматраном периоду приказаних у табели 2, које разврставама у три основне групе, као: 1, Удесе, 2. Незгове и 3. Удеси и незгове на путним прелазима и ван њих.

Табела 2. Преглед ванредних догађаја по врстама са процентуалним учешћем

| Година | Укупан бр. ванр. догађаја | Удеси | | Незгове | | Удеси и незгове на путним прелазима и ван њих | | Материјална штета од ванред. дог. у (000) дин. |
|--------|---------------------------|-------|----------|---------|----------|---|----------|--|
| | | Број | % учешћа | Број | % учешћа | Број | % учешћа | |
| 2000. | 700 | 54 | 7,7 | 460 | 65,7 | 186 | 26,6 | 32.100,9 |
| 2001. | 771 | 46 | 6,0 | 498 | 64,6 | 227 | 29,4 | 31.963,9 |

Удеси су ванредни догађаји са најтежим последицама, приказани су у табели 3, а разврставају

се у четири основне врсте, као: 1. судари возова; 2. исклизуће возова; 3. налети возова и 4. остали удеси.

Табела 3. Преглед броја удеса по врстама

| Година | Исклизућа воза | Судари возова | Налети возова | Остали удеси | Укупно удеса | Материјална штета од удеса у (000) дин. |
|--------|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---|
| 2000. | 47 | 3 | 1 | 3 | 54 | 24.934,0 |
| 2001. | 34 | 5 | 4 | 3 | 46 | 18.283,7 |

6. УТИЦАЈ ВУЧНИХ ВОЗИЛА НА БЕЗБЕДНОСТ САОБРАЋАЈА

Вучна возила су један од најугрожаванијих фактора безбедности железничког саобраћаја. Преглед ванредних

догађаја насталих под утицајем вучних возила приказани су у табели 4. који су разврстани у следеће појавне облике, као: 1. исклизућа; 2. лом осовине; 3. пожар и 4. оштећење контактне мреже и лом пантографа.

Табела 4. Преглед удеса проузрокованих код вучних возила

| Година | Исклизуће | Лом осовине | Пожари | Оштећ. К.М и лом пантографа | Укупно удеса од В.В. | % учешћа у укупном броју удеса | Материјална штета од удеса В.В. у (000) дин. |
|--------|-----------|-------------|--------|-----------------------------|----------------------|--------------------------------|--|
| 2000. | 26 | - | 7 | 2 | 35 | 65 | 24.934,0 |
| 2001. | 7 | 1 | 14 | 2 | 24 | 52 | 18.283,7 |

Детаљније учешће појединих серија вучних возила која је у табели 5. су проузроковала појаву одређених врста удеса приказано

Табела 5. Бројно учешће серија вучних возила у настанку удеса

| Серија вучних возила | | Исклизуће | | Лом осовина | | Пожари | | Оштећење К.М. и лом пантографа | |
|----------------------|---------|-----------|-------|-------------|-------|--------|-------|--------------------------------|-------|
| | | 2000. | 2001. | 2000. | 2001. | 2000. | 2001. | 2000. | 2001. |
| E V V | 441 | - | - | - | - | 2 | 5 | - | 1 |
| | 461 | 25 | 7 | - | - | 2 | 3 | 1 | 1 |
| | 412/416 | 1 | - | - | - | - | 1 | 1 | - |
| D V V V | 661 | - | - | - | - | 2 | 4 | - | - |
| | 641 | - | - | - | - | 1 | - | - | - |
| | TMD 911 | - | - | - | 1 | - | - | - | - |
| | 712 | - | - | - | - | - | 1 | - | - |
| У к у п н о | | 26 | 7 | - | 1 | 7 | 14 | 2 | 2 |

Према подацима из табеле 5. уочава се да је највећи број удеса проузрокован исклизнућима и пожарима код вучних возила. Скоро сва исклизнућа десила су се код електролокомотива 461 изузев у једном случају код електромоторних возова 412/416, при чему се наводе следећи узроци:

- пропињање водеће осовине и пењање точка на шину;
- одступање мера дијагоналности и паралелности осовина на локомотиви од прописаних;
- пропињање вучног возила и неуписивање обртног постоља у кривину;
- испадање кочионе папуче испред точка прве осовине;
- блокирање редуктора погонске осовине;
- неусаглашеност техничког стања пруге са техничким карактеристикама локомотиве и др.

Када је у питању појава пожара код вучних возила исти се најчешће појављују код електролокомотива 441, код дизел-електричних локомотива 661 и код електролокомотива 461, при чему се наводе следећи узроци:

- дотрајали каблови високонапонске инсталације;
- неисправна инсталација;
- неисправне главне пригушнице на локомотиви;
- запаљење масних наслага услед варница са кочионих папуча;
- неисправан главни прекидач;
- зарибала рутава дуваљка;
- замор материјала и др.

Неки од показатеља безбедности саобраћаја приказани су у табели 6.

Табела 6. Показатељи безбедности саобраћаја

| Показатељи | Године | |
|---|----------|----------|
| | 2000. | 2001. |
| 1. Број ванредних догађаја према броју покренутих возова | 1,96 | 2,04 |
| 2. Број ванредних догађаја на милион возних километара | 34,97 | 36,27 |
| 3. Укупна материјална штета на вучних возилима у 000 динара | 15.241,5 | 14.191,9 |

7. ЗАКЉУЧАК

Постојеће бројно стање и структура од 497 вучних возила ЖТП Београд било би довољно да покрије постојеће потребе саобраћаја када би њихова расположивост у експлоатацији била већа.

Постојеће стање поузданости, расположивости и техничке исправности вучних возила није задовољавајуће ако се има у виду чињеница да просечни проценат њихове имобилизације износи 65%, што практично значи да је од свака три вучна возила само једно способно за саобраћај и да је у току 2001. године било регистровано 3.655 неповољних стања – дефеката вучних возила, што износи просечно дневно више од 10 дефеката вучних возила у саобраћају. Просечна дужина пута који вучна возила пређу између два дефекта износи свега 5.706 km.

Постојеће стање безбедности саобраћаја, такође, није задовољавајуће ако се има у виду да је учешће вучних возила у укупном броју удеса у 2001. години било 52%,

односно 65% у 2000. години. Посебну опасност представљају исклизнућа возова, која учествују са 30% у 2001. години, односно 74% у 2000. години у односу на укупан број удеса, а проузроковале су их скоро у 100% случајева електролокомотиве серије 461.

Спроведена анализа је показала да вучна возила представљају доминантан фактор угрожавања безбедности железничког саобраћаја у ЖТП Београд.

Овакво стање изискује потребу спровођења једне темељне анализе којом би се утврдило каква је, на вучним возилима с конструкцијским недостацима, потребно извршити побољшања, модификације и реконструкције. То захтева потребу темељних анализа утврђивања узрока кварова, по компонентама, вршење одговарајућих оправки или замена одређених елемената и компоненти, кроз одређене поступке одржавања вучних возила у циљу њиховог довођења у исправно стање и висок ниво поузданости за безбедну експлоатацију.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Проф.др С. Вукадиновић и Д.Теодоровић, «Поузданост техничких система», Саобраћајни факултет, Београд 1982. год.
- [2] др Ј.Тодоровић, «Одржавање моторних возила», Машински факултет, Београд 1984. год.
- [3] др Радисав Вукадиновић, «Истраживање фактора безбедности и редовитости саобраћаја на ЖЖ» - докторска дисертација, Машински факултет, Београд 1989. год.
- [4] др Р. Вукадиновић, Д. Војиновић, дипл.инж. и М. Савић, дипл.инж., Експлоатациона поузданост електровучних возила ЖТП Београд и предлози за њихову модификацију и реконструкцију, Саветовање о железничком машинству, Машински факултет Ниш, 1998. год.
- [5] др Р. Вукадиновић, «Експлоатација железница», «Желнид», Београд 1998. год.
- [6] Правилник о одржавању железничких возила (Правилник 241), ЗЖ Београд, 1984. год.
- [7] Оперативне евиденције Службе саобраћаја и вуче у ЖТП Београд за 2000. и 2001. год.

RELIABILITY OF TRACTION VEHICLES AND TRAFFIC SAFETY IN ŽTP »BEOGRAD«

Radisav Vukadinović

Abstract: *The paper demonstrates the basis of reliability and safety of railway traffic with presentation of traction vehicles as the factor of traffic reliability and safety and based on statistics data, the status of traffic reliability and safety of ŽTP »Bograd« is provided.*

Key words: *railways, traction vehicles, traffic reliability and safety.*

ПРИМЕНА ТЕОРИЈЕ ПОУЗДАНОСТИ НА КОЧНИЦУ ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА

Марија Вукшић¹, Милутин Миловановић²

Резиме - Овај рад разматра примену теорије поузданости на аутоматску пнеуматску кочницу теретних железничких возила и возова. Елементи кочнице посматрани су као посебни чворови у вези, па се структура система кочнице воза састављеног од теретних железничких возила може представити као редна веза чворова. Показано је и како поједини елементи – чворови пнеуматске кочнице железничких возила утичу на поузданост система. Функција критеријума – циљ овог система је да у сваком тренутку кретања воза омогући кочење на прописаном зауставном путу. Поузданост овог система, односно кочнице, без обзира на остварену везу није мала, с обзиром да је појединачна поузданост сваког чвора система врло висока.

Кључне речи – поузданост, кочница, железничка возила

1. УВОД

Готовост система преставља вероватноћу да ће систем успешно вршити функцију критеријума у границама дозвољених одступања и пројектованом времену трајања у датим условима околине.

Поузданост система представља вероватноћу да ће систем успешно вршити функцију критеријума у границама дозвољених одступања и пројектованом времену трајања у датим условима околине.

Функционална подобност система представља способност система за прилагођавање условима околине у пројектованом времену рада и подлогу за оцену флексибилности система.

Компоненте функције ефективности, готовост (G) и поузданост (R) су променљиве величине у времену и крећу се у границама од 0 до 1, а компонента функционалне подобности (F_p) је непроменљива величина у времену. Она зависи од квалитета пројектовања, па може бити битно различита од система до система чак кад су системи исте намене (при чему величина ове компоненте није већа од 1).

Пођимо од основне статистичке једначине:

$$F(t) + R(t) = 1 \quad (1)$$

Диференцирањем израза (1) добија се израз (2):

$$\frac{dF(t)}{dt} + \frac{dR(t)}{dt} = f(t) + p(t) = 0 \quad (2)$$

где $f(t)$ представља диференцијалну функцију расподеле или функцију густине вероватноће појава интервала у отказу – функција густине појава стања у отказу; а $p(t)$ представља вероватноћу без отказног рада – функција густине појава стања у раду.

Функција густине појава стања у отказу у случају непрекидних промена одговара изразу (2), а у случају прекидних промена изразу (3):

$$f(t) = \frac{N}{n \cdot \Delta t} | \text{појава} S^{-1} | \quad (3)$$

односно за случај кумулативне функције изразу (4):

$$f(t) = \frac{N}{n} \quad (4)$$

Функција густине појава стања у раду за случај непрекидних промена добија се на основу израза (2), а у случају прекидних промена добија израз (5):

$$p(t) = \frac{n - N}{n} | \text{појава} S^{-1} | \quad (5)$$

Кумулативна функција за случај непрекидних промена дата је изразом (6):

$$R(t) = \int_0^t p(t) \cdot dt \quad (6)$$

односно за случај прекидних промена изразом (7):

$$R(t) = \frac{n - N}{n} = 1 - \frac{N}{n} \quad (7)$$

где је:

(n-N) – укупан број стања у раду у тренутку посматрања система,

n – укупан број стања у систему у тренутку $t = 0$,

N – укупан број неисправних елеманата, односно стања у отказу у тренутку посматрања.

Кумулативна функција без отказног рада $R(t)$ представља компоненту поузданости у моделу ефективности система.

Обзиром да системи у машинству представљају скупове елемената и успостављених функционалних релација између њих и њихових карактеристика повезаних међусобно у целину у циљу обављања корисног рада, компоненту поузданости система представимо на примеру пнеуматске продужне кочнице вагона, односно воза. Приказ ће обухватити глобални прорачун поузданости $R(t)$ што значи да се у оквиру кочнице једних кола неће разматрати појединачна поузданост уређаја кочнице – чворова.

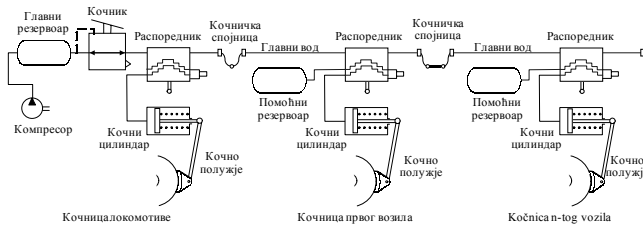
¹ мр Марија Вукшић, Институт “Кирило Савић”, Београд, vumarija@eunet.yu

² Доц. др Милутин Миловановић, Институт “Кирило Савић”, Београд

2. СИСТЕМ ПНЕУМАТСКЕ ПРОДУЖНЕ КОЧНИЦЕ ВОЗА

На слици 1 дат је шематски приказ пнеуматске продужне кочнице воза састављеног од *n* четвороосовинских теретних вагона и локомотиве. Компресор, главни резервоар и кочник налазе се на локомотиви и припадају функцији ваздушне кочнице целог воза. Зато ће се ови елементи посматрати као посебни чворови у вези и означити као чворови 1, 2 и 3. Чворови 1, 2 и 3 могу се у овој редној вези третирати као један чвор и обележити са k_0 . Кочницу локомотиве обележићемо са $k_{лок}$, а кочнице појединих кола у возу са $k_1, k_2 \dots k_n$.

Структура система ове кочнице по вези и функцији може се представити као редна веза чворова.



Слика 1. Шематски приказ кочнице воза

Карактеристика редне везе чворова система јесте, да је функција система условљена функционисањем, у границама дозвољених одступања, свих чворова у систему. Стога би и поузданост оваквог редног везаног система била једнака :

$$R_s = R_{k_0} \cdot R_{k_{лок}} \cdot R_{k_1} \cdot R_{k_2} \cdot R_{k_3} \cdot \dots \cdot R_{k_n} < 1 \quad (8)$$

Функција критеријума – циљ овог система је да у сваком тренутку кретања воза омогући кочење на таквом зауставном путу којим се увек остварује потребна кочна маса (кочна маса представља израз ефикасности кочнице).

Потребна кочна маса одређена је изразом (9):

$$PKM = \frac{Q + L}{100} \cdot p \quad (9)$$

где је:

$Q + L$ [t] - укупна маса воза укључујући и локомотиву;

p [%] - проценат кочне масе који се утврђује на бази постигнутог зауставног пута и експериментално утврђених дијаграма.

Стварна кочна маса одређује се изразом (10):

$$SKM = \sum V \quad (10)$$

где је V [t] – кочна маса појединачног возила која се израчунава на два начина:

а) $V = \frac{10}{7} \cdot F_p \cdot n \cdot \gamma \quad (11)$

б) $V = \frac{Q \cdot p}{100} \quad (12)$

где је:

F_p - кочна сила по једној папучи;

n - број кочних папуча;

γ - кочни коефицијент;

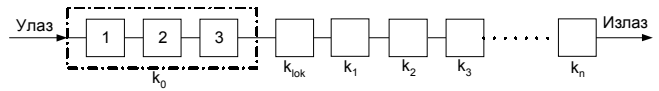
10/7 - експериментално утврђен број;

Q [t] - маса возила;

p [%]- проценат кочне масе.

Процент кочне масе p утврђује се на бази експериментално измереног зауставног пута и брзине из које се вршило кочење. Стварна кочна маса воза мора увек бити већа или једнака од потребне кочне масе воза.

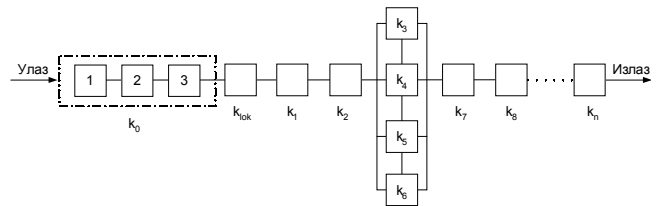
У случају да је стварна кочна маса воза једнака потребној кочној маси онда се у циљу утврђивања поузданости пнеуматске кочнице воза систем мора искључиво посматрати као редно везани систем чворова као што је приказано на слици 2.



Слика 2. Редна веза система чворова кочнице воза

У случају да је стварна кочна маса воза већа од потребне кочне масе за процентуални однос SKM/PKM у [%] онда поузданост система неће бити угрожена и ако се број кочница (чворова) процентуално једнак вишку стварне кочне масе воза у односу на потребну кочну масу нађе у отказу.

Значи да у случају када је стварна кочна маса воза мања од потребне кочне масе за, на пример 30%, може се 30%+1 чворова из претходне редне везе чворова ставити у паралелну везу и тада структура система кочнице воза може бити представљена као комплексно редно паралелна веза чворова, слика 3.



Слика 3. Редно-паралелна веза чворова кочнице воза

У паралелној вези чворова не могу се наћи чворови 1, 2 и 3, односно (k_0).

Сада поузданост можемо дати изразом (13):

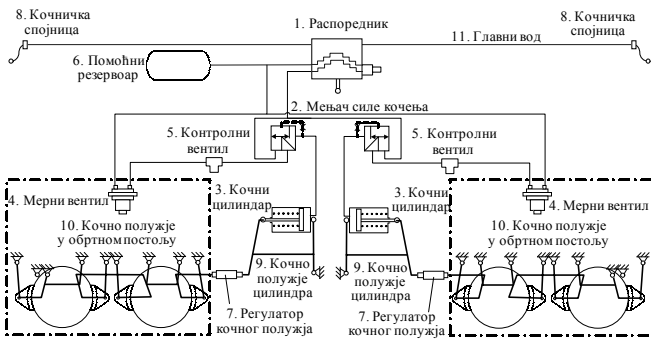
$$R_s = R_{k_0} \cdot R_{k_{лок}} \cdot R_{k_1} \cdot R_{k_2} \cdot [1 - (1 - R_{k_3}) \cdot (1 - R_{k_4}) \cdot (1 - R_{k_5}) \cdot (1 - R_{k_6})] \cdot R_{k_7} \cdot R_{k_8} \cdot R_{k_n} < 1 \quad (13)$$

Поузданост система је већа уколико се већи број чворова може везати у паралелну везу.

3. ПНЕУМАТСКА ПРОДУЖНА КОЧНИЦА ТЕРЕТНОГ ВАГОНА

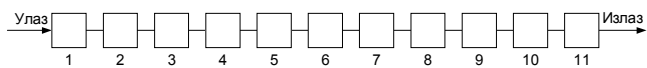
На слици 4 дата је шема веза уређаја пнеуматске кочнице једног четвороосовинског теретног вагона.

Битни утицајни елементи кочнице за поузданост, па самим тим и за ефективност система кочнице вагона, који се сматрају и чворовима система обележени су бројевима од 1 до 11 и дати су у легенди слике 4.



Слика 4. Шематски приказ кочнице теретног вагона

Овакав систем обзиром на везе и функцију елемената – чворова може се посматрати само као редна веза чворова (слика 5).



Слика 5. Редна веза чворова кочнице теретног вагона

Поузданост овако везаног система, односно ове кочнице одређује се изразом (14):

$$R_S = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot \dots \cdot R_{11} = \prod_{n=1}^{11} R_n \quad (14)$$

Редна веза чворова система је по правилу неповољна веза са аспекта поузданости јер отказ једног елемента – чвора значи и отказ система. Отказивање, односно довођење у стање отказа било ког елемента кочнице теретног вагона од 1 до 11 доводи у стање отказа систем кочнице, што значи да систем неће моћи да испуни функцију критеријума - циља.

Али ипак унапред донет закључак да је поузданост овог система, односно ове кочнице мала, са обзира на остварену везу био би погрешан. Појединачна поузданост сваког чвора система је врло висока, односно рад без отказа уз допуштена одступања је доста висок.

Анализа појединачне поузданости сваког елемента посебно, која овде неће бити извођена, је комплексно питање и сваки чвор за себе морао би бити представљен комплексном редно паралелном везом утицајних елемената – чворова.

Размотримо како поједини елементи – чворови пнеуматске кочнице железничког возила утичу на поузданост система. На пример, кочничка спојница (чвор 8) и главни ваздушни вод (чвор 11) имају као функцију циља да обезбеде “потпуну” заптивеност и проходност ваздуха под притиском. Под пуном заптивношћу подразумева се заптивеност која омогућује да пад притиска у главном ваздушном воду буде једнак или мањи од 0,1 бар за 10 минута. У овом случају елемент – чвор неће се сматрати у отказу иако му је заптивеност таква да је пад притиска ваздуха у главном ваздушном воду већа од 0,1 бар за 10 минута. Односно неће се сматрати да су чворови 8 и 11 у отказу све док пад притиска у главном ваздушном воду (изазван лошом заптивношћу) може у потребном временском периоду да својим радом надокнади компресорско постројење. У моменту кад компресор не може више у потребном времену да обезбеди захтевани притисак од 5 бара елементи 8 или 11 сматрају се у

отказу а тиме је и систем односно кочница у отказу.

Слична анализа утицаја на поузданост система може се извршити за елементе кочно полужје цилиндра (9), обртног постоља (10) или помоћних резервоара (6). Функција циља кочног полужја је да силу која је остварена у кочном цилиндру пренесе на точак и при томе је увећа за преносни однос полужја, али и што мање умањи својим степеном искоришћења. Коефицијент искоришћења кочног полужја узима се да је 0,9 (у пракси је често доста мањи у зависности од разних фактора околине, одржавања итд.). Смањењем овог параметра све до мере у којој се још преноси сила не значи да је систем у отказу – он само недовољно остварује функцију критеријума.

Из наведеног се види да су појединачне поузданости чворова у систему кочнице теретног вагона врло високе и износе (утврђене на бази статистичких метода):

$$R_{6,8,9,10,11} = 0,9999; R_{1,2,3,4} = 0,9988; R_{5,7} = 0,99 \quad (15)$$

Поузданост кочнице теретног вагона према изразу (14) и вредностима (15) износи:

$$R_S = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot \dots \cdot R_{11} = \prod_{n=1}^{11} R_n = 0,9710 \quad (16)$$

4. ЗАКЉУЧАК

Поузданост редно-паралелне везе система кочнице воза за воз склопљен од 10 теретних вагона при чему 3 вагона могу бити некочена и где појединачне поузданости чворова у систему овакве кочнице имају вредности (17):

$$R_{klok} = 0,9710; R_{k0} = R_{k1} \cdot R_{k2} \cdot R_{k3} = 0,9997 \quad (17)$$

према изразу (13) износи:

$$R_S = R_{k0} \cdot R_{klok} \cdot R_{k1} \cdot R_{k2} \cdot [1 - (1 - R_{k3})] \cdot [1 - (1 - R_{k4})] \cdot [1 - (1 - R_{k5})] \cdot [1 - (1 - R_{k6})] \cdot R_{k7} \cdot R_{k8} \cdot R_{kn} = 0,8338$$

(18) Као што се види из израза (18) поузданост система кочнице воза без обзира на остварену везу није мала.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] др Милутин Миловановић: “Терорија поузданости”, докторски испит, Машински факултет, 1987.
- [2] др Никола Вујановић: “Терорија поузданости техничких система”, Војноиздавачки и новински центар, Београд, 1990.

APPLICATION OF THEORY RELIABILITY ON BRAKE OFF RAILWAY VEHICLES

Milutin Milovanović Marija Vukšić

Abstract - *This article discusses application theory reliability on automatic pneumatic brake of railway trucks and trains. Braking systems elements are presented as separate nodes in system, so the braking system structure on train assembly consisting of railway trucks could be represented as serial nodes connection. In this study we shown how singular elements – nodes of railway vehicles pneumatic brake system has affect on system reliability. Function criteria – goal off this system is that in every moment during train movement make a braking possible on permissive braking distance. Reliability of this braking system, regardless on connection that is made, is not small, considering large reliability of each node in system.*

Key words – *reliability, brake, railway vehicle*

LUBRICATING OILS AND ADDITIVES

Ertuğrul Durak¹, Dušan Stamenković²

Abstract: *Lubricating oils, lubricating oil additives and their functions have been widely discussed in this paper. Also, action mechanism of these additives were detailed studied. The effect of commercial lubricating oil additives, vegetable oil as additive on the friction behaviour journal bearings were tested experimentally. The tests were applied with operating conditions such as different spindle speeds, loads, concentration ratios, etc. Tribological additives such as friction modifiers, antiwear and extreme pressure etc., are discussed in more detail.*

Key words: *Lubricating oil, Additive, Friction Modifier, Antiwear*

1. INTRODUCTION

Lubricating oils find applications in engines, industrial uses, greases and automotive transmissions. The major uses of these oils are in engines (55%), industry (27%), processes (9%), greases (5%) and automotive transmissions (4%). Lubricants perform a variety of functions in automotive application. One of the most functions is to reduce friction and wear in moving machinery. A lubricant used in gasoline and diesel engines should provide efficient wear protection and help the engine to function properly. Also, lubricants protect metal surfaces against rust and corrosion, act as heat transfer agents, flush out contaminants, absorb shocks, and form seals. To reduce wear and friction, lubricant additives are used. Lubricant additives deposit lubricating films on the surface of moving parts, which reduces friction. The lower the coefficient of friction, the less the wear [1].

The idea of adding something to mineral oils to improve their performance was first used in the power plant and for industrial and railway lubricants. In fact, steam cylinder oil compound with animal fat such as tallow, degrass, lard and steam marine engine oil compound with blown rapeseed oil were some of the first additives used in mineral lubricating oils. Rosin oil and mica in axle grease and wool yarn in wool yarn grease were among the first in this class of lubricants. Fish oil (menhaden oil) was used in the Galena railway car journal and locomotive engine oils by most railroads in the early twenties[2].

In this study, lubricating oil and additives used in the this lubricant was studied. Existing properties of the mineral oils which primarily relate to the physical properties are not enough to provide an adequate lubricating performance for severe operating conditions like high temperature, pressure, load, environment with moisture, etc. such as modern engine, space vehicle etc. In the theoretical section of this study description of additives and types of additives are briefly outlined, and in the experimental section, lubricating

oil commercial and noncommercial additives used quite widespread in the practical nowadays effects on the friction in the statically and dynamically loaded journal bearings was described.

2. DESCRIPTION OF ADDITIVES

Almost all lubricants contain chemical additives. This is because unformulated lubricants, or base oils, do not possess properties necessary to perform effectively in today's equipment. Additives improve the lubricating ability of base oils either by enhancing the desirable properties already present or by adding new properties.

Base oil may be petroleum, synthetic, or biological in origin. Petroleum-derived base oils currently account for about 97 % of total lubricant production. The process used in their manufacture include distillation, deasphalting, solvent extraction, solvent dewaxing, and finishing. These process help isolate materials that have suitable boiling points and physical and chemical properties for use in formulating lubricants. Synthetic base stocks are manufactured through transformations of petroleum-derived organic chemicals. These base stocks, often more expensive, are the only choice for extremely demanding applications where mineral oils cannot be used because of their inherent limitations. Blended base stocks, mixtures of synthetic base stocks and mineral oils, are often used to benefit from superior low temperature properties, high flash points, and high viscosity indices (less change in viscosity with temperature) of synthetic base stocks at a lower cost.

Quality and quantity of additives in the lubricant depend upon the nature of the base fluid and the lubricant's intended use. Typical additive concentrations are given in Table 1. The performance package can make up to 30 % of the lubricant's total composition. Engine oils and automotive gear oils, which place a higher demand on the lubricant, generally require larger concentrations of additives than less-demanding applications such as industrial lubricants and metalworking fluids[3].

¹dr. Ertuğrul DURAK, Assist. Prof. Süleyman Demirel University Mech. Eng. Dept., 32260, Isparta – TURKEY, edurak@mmf.sdu.edu.tr

²dr. Dušan Stamenković, University of Niš, Faculty of Mechanical Eng. Beogradska 14, Niš 18000 YUGOSLAVIA, dusans@masfak.ni.ac.yu

Table 1. Typical lubrication Composition[3]

| Application | SAE Grade | Additive (%) | Viscosity Modifier(%) |
|---------------------------------------|--------------|--------------|-----------------------|
| Passenger car motor oil | Single grade | 6-14 | - |
| | Multigrade | 6-14 | 2-9 |
| Heavy-duty diesel oil | Single grade | 12-18 | - |
| | Multigrade | 12-19 | 6-12 |
| Automatic transmission fluids | Multigrade | 6-12 | 3-14 |
| Automotive gear and transmission oils | Single grade | 5-12 | - |
| | Multigrade | 5-12 | 25-35 |
| Tractor hydraulic fluids | Single grade | 6-9 | - |
| | Multigrade | 6-9 | 4-8 |
| Industrial hydraulic fluids | Single grade | 0.5-1.5 | - |
| | Multigrade | 0.5-1.5 | 2-12 |
| Industrial turbine oils | Single grade | 0.5-1.5 | - |
| Grease | - | 2-6 | Contains a thicker |

Modern lubricating oil additives, designed to meet the extreme demands of the modern machines and the high performance ratings under actual working conditions, have become indispensable in such as the automotive industry, the machine and equipment manufacturers, etc. Additives are proved chemicals or materials which, incorporated in base lubricating fluids, are supplement to their natural characteristics and improve their field service performance in existing applications or broaden the areas of their utility. Additives can carry out their task of enhancing or imparting new lubricating oil properties in three ways :

- Protection of engine surface: Additives of this type include tribological boundary agents, corrosion and rust inhibitors, detergents and dispersants.
- Modification of oil properties: Additives of this type encompasses viscosity index improvers, pour point depressants and swell agents.
- Protection of the base stock: Additives of this type include antioxidants, metal deactivators and foam inhibitors [4].

Also, lubricant additives can be broadly categorized as being either chemically active or chemically inert. Chemically active additives, such as dispersants, detergents, antiwear and extreme-pressure (EP) agents, oxidation inhibitors, and rust and corrosion inhibitors, have the ability to interact chemically with metals (to form a protective film) and with oxidation and degradation products (to make them innocuous). Chemically inert additives, which improve the physical properties that are critical to the effective performance of the lubricant, include emulsifiers, demulsifiers, pour point depressants, foam inhibitors and viscosity improvers. Those are commercially available today and are classified along with functions in Table 2.[2,5,6]. More detailed information on the characteristics and applications of additives were given references [2,4-7]. This study was studied only the most important of the tribological additives such as viscosity index, friction modifier, antiwear and extreme pressure. Also, It was detailed given action mechanisms of these additives.

Table 2. Lubricant additives [2-7].

| Additive Type | Purpose of Additive |
|----------------------------|---|
| Oxidation inhibitor | Increase oil and machine life; decreases varnish and sludge on metal parts |
| Corrosion inhibitor | Protects against chemical attack of alloy bearings and metal surfaces |
| Antiwear (AW) | Protect rubbing surface operating with thin films; boundary lubrication |
| Detergent | Cleanliness of lubricated surfaces |
| Dispersant | Keeps insoluble combustion and oxidation products in suspension and dispersed |
| Pour depressant | Lowers low-temperature fluidity |
| Viscosity improver (VI) | Lowers rate of change of viscosity with temperature change |
| Oiliness agent | Reduces friction, seizure, wear; increases lubricity |
| Extreme pressure (EP) | Increases film strength and load-carrying capacity |
| Antifoam agent | Prevents stable foam formation |
| Tackiness agent | For greater cohesion, nondrip property |
| Fatty oils | For greater wetting for moisture conditions |
| Solid lubricants (fillers) | Withstand high temperatures and/or pressure |
| Emulsifier | Reduces interfacial tension so oil can disperse in water |
| Thickening agent | Converts oil into a solid or semisolid lubricant |
| Water repellents | Impart water-resistant properties to grease or other components of lubricants |
| Silver pacifier | Noncorrosive to silver bearings |
| Color stabilizer | Standardizes desirable color and prevents formation of undesirable color |
| Odor control agent | Provides distinctive or pleasant odor or masks undesirable odors |
| Antiseptic | Prevents emulsion breakdown or odor from growth of bacteria |
| Friction Modifying (FM) | Reduces friction and wear |

3. TRIBOLOGICAL ADDITIVES

In the regime of fluid film lubrication there is no contact between solids. The thickness of the film that supports the load is governed by the lubricant viscosity. However, when the severity of operating conditions increases (high load, low speed, high surface roughness), a point is eventually reached where the load can not longer be carried completely by the fluid film. Asperities of the solids have to share with the fluid film in load support. The lubrication fluid film regime shifts to mixed film and then to complete boundary lubrication. The situation was presented in Figure 1[8]. The contact of the solids involves wear, increased friction and welding of asperities. To reduce friction and wear and prevent damage of the mating surfaces tribological additives were developed[4].

3.1. Viscosity Index (VI) Improvers

The major consideration in selecting an oil for a particular application is viscosity and its variation with temperature. The viscosity-temperature relationship in oils is designated by the viscosity index (VI) scale [2]. Mineral oils, which are effective lubricants at low temperature, become less effective lubricants at high temperatures. At high temperatures, their film-forming ability (hydrodynamic lubrication regime) diminishes, because of a drop in viscosity [5]. When polymers are added to an oil, the viscosity of the oil increases at all temperatures. However, they increase the viscosity of the oil at high temperatures to a much greater degree than they do at low temperatures. Thus they lessen the change in temperature, thereby increasing the viscosity index.

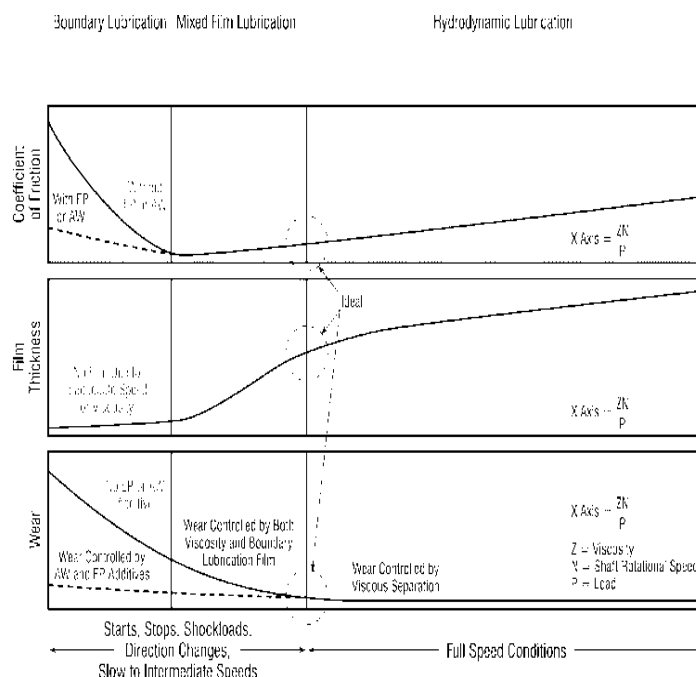


Figure 1. Lubrication regimes[8]

The other functions of viscosity index improvers are to reduce fuel consumption, to maintain low oil consumption, and to improve low temperature starting. The most common VI improvers are isobutylene polymers and acrylate copolymers [2]. These polymers are high molecular weighted polymers. At low temperatures, the polymer molecules occupy a small volume (hydrodynamic volume) and therefore have a minimum association with the bulk oil. The effect is little or no viscosity increase. However, the situation is reversed at high temperatures because polymer chains extend or expand as a consequence of added thermal energy. This increases the association of the polymer with the bulk oil, because of an increase in viscosity. Figure 2. illustrates oil thickening by viscosity improvers[5]. Also, vegetable oils such as jojoba oils are used as VI improvers.

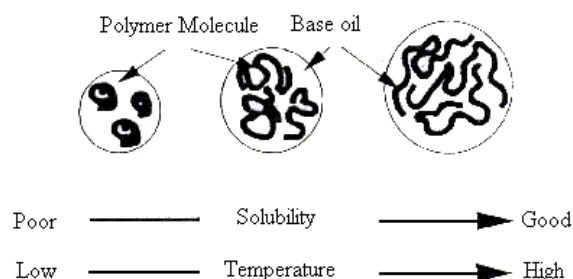


Figure 2. Viscosity improvers and mechanism of thickening[5,9]

3.2. Friction Modifier (FM) Additives

Real, lubricated tribological systems, operating under conditions of high load and low speed, frequently run in the boundary lubrication regime. Under these conditions, the chemistry occurring within a few nanometers of the surface

become a critical determining factor with respect to properties such as frictional forces and wear, as well as transient effects such as stick-slip behavior. The additives (friction modifiers) adsorb onto the sliding surfaces upon contact or react with the surfaces under extreme conditions (extreme-pressure, EP, additives), and in both cases from protective layers of low shear modulus, which protect the underlying solid surfaces. Empirical studies have led to the development of many, highly effective lubricant additives, such as zinc dialkyl dithiophosphate (ZDDP), which are present in almost every automobile engine. The ZDDPs have been demonstrated as an effective lubricant additive for ferrous materials. The work by J. C. Bell *et al.* has identified the formation of a from 100 nm to 1000 nm thick glassy phosphate reaction layer containing iron (Fe) and zinc (Zn) ions. This layer was determined to be covered by an organic film (thickness ~100 nm). The role of sulfur remained unclear. It has proposed that FeS is formed between the phosphate layer and the iron substrate and that it may serve as an adhesive layer as well as a seizure-resistant coating [10,11]. Molybdenum dithiophosphates (Modtp) have been recognized as multi-functional additives, reducing both friction and wear. Generally, metal dithiophosphates are known to act by building up a protective layer (a so-called tribofilm). C. Grossiord *et al* studied the friction-reduction mechanisms of Modtp and ZDDP by performing simplified friction tests in ultra-high vacuum (UHV) tribometer. The friction-reducing capacity of metal dithiophosphates is explained by acid-base chemical reaction [11,12]. Figure 3. summarizes the results of two experiments on friction reduction [7]. Experiments were conducted firstly using only base oil in the 570 and 1413 rpm spindle speeds and at F=205 N static load. Then, tests were repeated with concentration ratios of 2 % and 4 % of a commercial additive. During the boundary lubrication regime, new wear particles are being created at the point of asperity contact. At the same time ultrasonic vibrations are created by the shearing forces at the frictional interface between the wear surface. The ultrasonic vibration created by this friction is in the frequency range of 20 000 Hz to 300 000 Hz. The newly created wear particles are highly activated because of the momentary disturbance of the particle's crystal lattice brought about by the shearing force. Simultaneously, the boundary lubricant's chemical structure undergoes molecular cleavage through sonochemical influence (ultrasonic energy), which results in the formation of certain organic radicals. Radicals combine instantaneously with the activated wear particles. This newly formed substance exists only at the point of contact and adheres to the metal surface by chemisorption. These organometals are composed of a variety of metals (depending on the type of wear particles generated) in combination with the organic radicals of the lubricant itself. These organometallic phosphates form a mixture which is eutectic (a mixture of materials with the lowest melting point) under the influence of the reaction condition. This ultra-thin eutectic film can withstand high loads. The eutectic film is also fluidized by frictional heat in the course of mechanical movement. In its fluid state, the eutectic film causes tribological surfaces to hydroplane over each other even under extremely high unit loading. This film becomes

the new sacrificial film under boundary lubrication conditions and replenishes itself during operation[13].

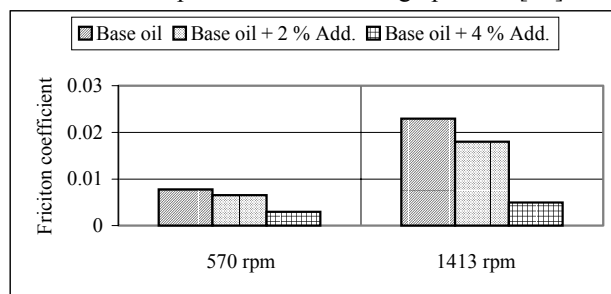


Figure 3. Friction coefficient for base oil and lubricating oils with additives.

The effects of additives with PTFE has been investigated experimentally to friction in the journal bearings. Figure 4. has shown that the experimental friction coefficient. Experiments were carried out firstly using only base oil in the different speed and at F = 353 N static load[7]. Tests were repeated with concentration ratios at 1, 3, 5,10 and 15 % commercial additive contained PTFE. The best reduction in the friction was measured with the lubricating oil with additive contained PTFE 3 % concentration ratio. Then, the same additive was used in dynamically loaded journal bearing tester. Concentration ratio of additive contained PTFE were chosen at 5 % and 10 % ratios. Figure 4.(b) has been shown friction force and load versus crank angle [6]. Additive contained PTFE reduced in the running conditions in the statically loaded, but increased in the dynamically loaded. Also, vegetable oils can be used as additive for lubricating oils. Figure 5 shows the friction coefficient for lubricating oil with rapeseed oil (a) and sunflower oil (b)as additive at 1,2,5 and 10% concentration ratios in the different speed and at F = 160 N static load.

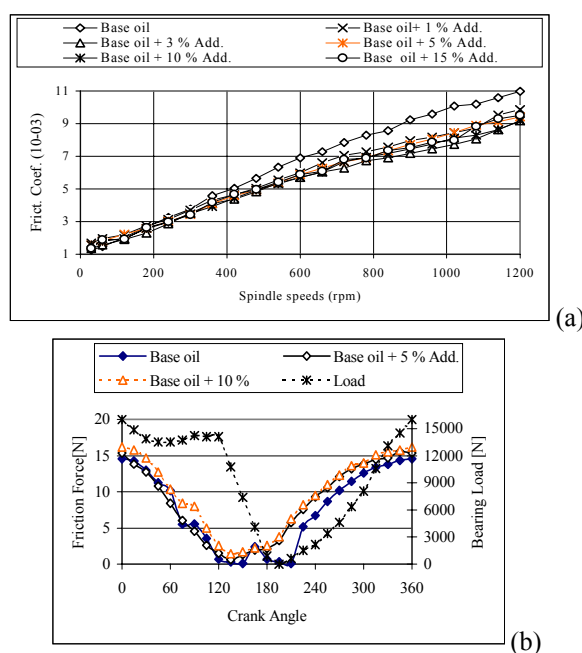


Figure 4. (a)Friction coefficient for base oil and lubricating oils with additives at F=353 N static load (b) Friction force and load versus crank angle for base oil and lubricating oil with additive.

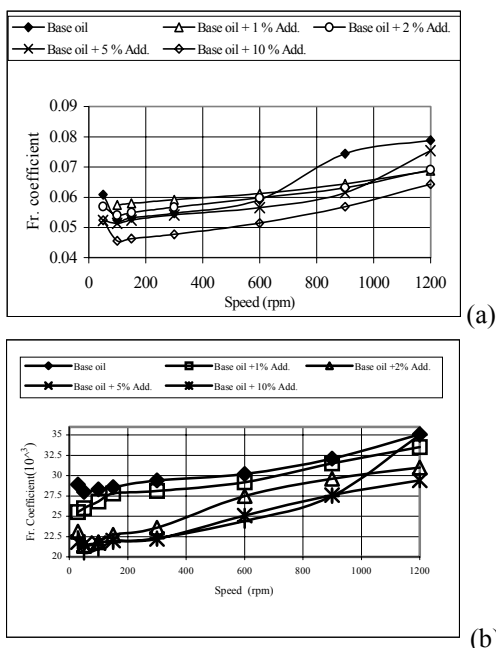


Figure 5. Friction coefficient for base oil and lubricating oils with rapeseed oil(a) and sunflower oil (b) at $F=160\text{ N}$ statically loaded

3.3. Antiwear (AW) Additives

The anti-wear mechanisms of metal dithiophosphate lubricant additives are known to involve a complex polyphasic reaction. J. M. Martin *et al* used the analytical Auger electron spectroscopy (AES)/X-ray photoelectron spectroscopy, ultrahigh vacuum tribometer to study adsorption effects on friction. They mainly worked on forming chemisorbed surface films of the additive (a metal dithiophosphate), on generating friction-induced reaction films, on running pin-on-flat friction tests in UHV on a steel surface [11,14]. A group of tribological additives that are effective in the mixed lubrication region, where penetration of the lubricant film by surface asperities is intermittent. In localized metallic contacts on the rubbing surfaces these additives chemisorb and react with metal to form a surface compound which is deformed by plastic flow to allow a new distribution of load. The most important and most effective AW additive for controlling or eliminating wear is ZDDP. Other important AW additives are organic phosphorus compounds, combinations of sulfur and oxygen phosphates fats and derivatives. Since some FM additives may reduce wear, AW additives may involve also compounds containing oxygen.

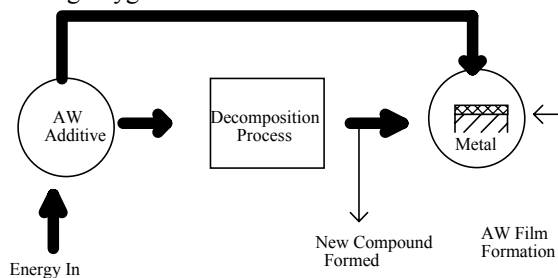


Figure 6. General action mechanism of antiwear additives [4].

General function of AW additives may be depicted in Figure 6. [4]. Good example of tribological additives combining both friction and wear reducing functions are oil soluble molybdenum sulfur compounds.

3.4. Extreme Pressure (EP) Additives

A group of tribological additives that prevent seizure and welding between metal surface working under severe operating conditions. Usually, they control damage when the number of metallic contacts increases and seizure takes place. Increasing load-carrying capacity of these additives may be associated with a decrease or an increase of the wear. It is connected with the fact that EP additives usually are effective only by chemical reaction. Thus, their use involve possible corrosion problems [4]. AW additives are thought to function through a chemical polishing action which can take place at relatively low temperatures, whereas EP additives require high localized temperatures to react and form a protective coating or film. EP agents generally compounds containing chlorine, phosphorus, sulfur, organic phosphates, etc.[2]. Both antiwear and EP additives function by thermal decomposition and by forming products that react with the metal surface to form a solid protective layer. This solid metal film fills the surface asperities, thereby reducing friction and preventing welding and surface wear. FM additives differ from AW and EP additives in that they form the protective film through physical adsorption instead of chemical reaction [5]. Figure 7. (a) and (b) shows the pressure distribution measured with base oil, base oil containing 10 % boron additive under 353N at 300 rpm. Base oil containing 10 % boron additive presents higher-pressure variation than base oil but they point out similar pressure trend.

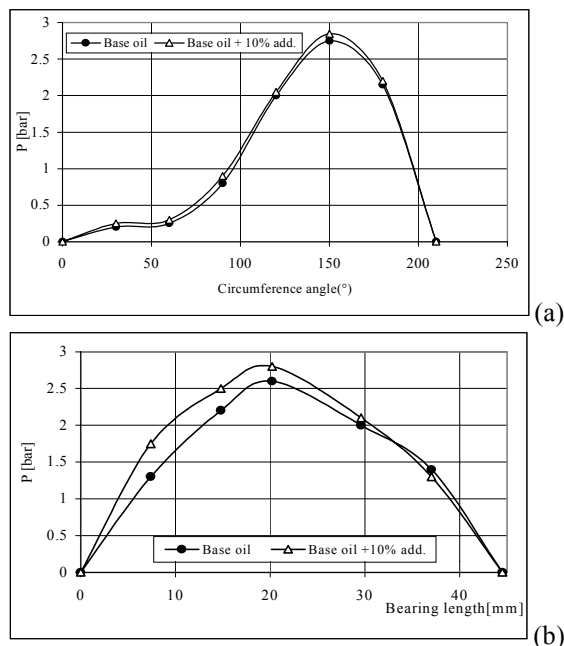


Figure 7. Pressure distributions in the circumferential direction (a) in the axial direction (b)

4. CONCLUSIONS

In this study additives of lubricating oils, their functions and action mechanisms are widely discussed. Additives either impart a property not originally present in the lubricating oil or enhance a property already present. Additives are compatible with one another as well as with the base oils. The effect of commercial and noncommercial lubricating oil additives on the friction behaviour journal bearings were experimented. In base oil (mineral oil), these additives show a reduction in coefficient of friction. Base oil with the additive contained PTFE reduced the friction in the statically loaded, but increased in the dynamically loaded. Also, lubricating oil with rapeseed oil used as an additive shows a high reduction in the whole lubrication regimes. Base oil containing 10 % boron additive presents higher-pressure variation in the test as using extreme pressure additive.

REFERENCES

- [1] 1. Khorramian, B.A., Iyer, G.R., Kodali, S., Natarajan, P. and Tupil, R., "Review Of Antiwear Additives For Crankcase Oils", Wear, 1993, 169, pp. 87-95.
- [2] 2. O'Connor J.J., "Standard Handbook Of Lubrication Engineering", Ch. 11,13,14,15, Mc.Graw-Hill Book Comp. New York, 1960.
- [3] 3. Booser, E.R. (Ed), "Tribology Data Handbook", CRC press, Vol. I, pp.117-138, New York, 1997.
- [4] Kajdas, C., "Engine Oil Additives", Aus Praxis Und Forschung, Tribologie+ Schmierungstechnik – 37. Jahrgang – 5/1990, pp.250-258, 1990.
- [5] Bau, P.J., "Friction, Lubrication And Wear Technology", ASM Handbook, Volume 18, pp 79,80, 8-112, U.S.A., 1992.
- [6] Durak, E., Kurbanoglu, C., Birykioğlu, A., Karaosmanoğlu, F., "Lubricating Oil Additives and Their Functions", International Conference on Lubricating Techniques (ICOLT'99.), Bogaziçi University, 27-28 Oct. 1999-pp.228-239, Turkey.
- [7] Durak, E., Kurbanoglu, C., "Oil Additives Widely Used In Engine Oil Nowadays", J. of Engineering and Engine, Vol. 40 – 470, pp. 35-44, March 1999. (In the Turkish).
- [8] http://www.machinerylubrication.com/article_detail.asp?articleid=243&relatedbookgroup=Lubrication2
- [9] Hodges, P., "Hydraulic Fluids", John Willey & Sons, Inc. pp. 22-29, New York, 1996.
- [10] Christopher McFadden, Cristian Soto and Nicholas D. Spencer, "Adsorption and Surface Chemistry in Tribology", Tribology International, Vol. 30, No. 12, pp. 881-888, 1997.
- [11] Kaleli, H. and Berthier, Y., "The Mechanism of Layer Formation and the Function of Additives Used in Fully Formulated Engine Crankcase Oils, Boundary and Mixed Lubrication: Science and Applications", Proceedings of the 28th Leeds-Lyon Symposium on Tribology as a part World Tribology Congress, WTC 3-7 September 2001, in Vienna, in press.
- [12] Grossiord, C., Martin, J.M., Th. Le Mogne and Th. Palermo, "UHV Friction of Tribofilms Derived from Metal Dithiophosphates", Tribology Letters 6 (1999) 171-179.
- [13] Power Up Lubricants, "Lubrication Solutions", Technical Bulletin 1 and 2, Power Up Inc., Canada, 1993.
- [14] Martin, J.M. Th. Le Mogne, C. Grosiord and Th. Palermo, "Adsorption and Friction in the UHV Tribometer", Tribology Letters 3 (1997) 87-94.

ULJA ZA PODMAZIVANJE I ADITIVI

Ertuğrul Durak, Dušan Stamenković

Rezime: U ovom radu se opširno opisuju ulja za podmazivanje, aditivi za ulja za podmazivanje i njihove funkcije. Takodje je detaljno opisan mehanizam delovanja ovih aditiva. Eksperimentalno su ispitivani efekti komercijalnih aditiva ulja za podmazivanje i biljnih ulja kao aditiva na frikционе karakteristike osovinskih ležajeva. Ispitivanja su izvedena u prema eksploatacionim uslovima kao što su različite brzine vrtila, opterećenja, koeficijent gustine, itd. Pored toga opisani su i tribološki aditivi kao što su frikcionni modifikatori, modifikatori protiv habanja, modifikatori za ekstremne pritiske itd.

Ključne reči: Ulja za podmazivanje, aditivi, frikcionni modifikatori, antihabanje.

О МОГУЋНОСТИ ПОВЕЋАЊА ЕНЕРГЕТСКИХ И ЕКОНОМСКИХ ЕФЕКТА ТРИБОМЕХАНИЧКИХ СИСТЕМА ПОМОЋУ СЕЛЕКТИВНОГ ТРАНСФЕРА МАСЕ

М.Б. Ђурђановић¹, Г.С. Петровић²

Резиме: У условима фрикције постоји појава да атоми са једног прелазе на други елемент фрикционог пара и хемијски се везују за његов основни материјал. На тај начин се формира један нов слој материјала на контактним површинама у виду врло танке превлаке, са потпуно другачијим својствима у односу на материјал оба елемента трибомеханичког пара. Структуре које се тако стварају на контактним површинама могу изузетно много да смање параметаре трења и хабања. Сама појава је добила назив селективни трансфер масе а помоћу ње се може повећати век трајања трибомеханичких система и њихова енергетска ефикасност.

Кључне речи: Трење, хабање, селективни трансфер масе.

1. УВОД

Прелажење материјала са једне и спајање са материјалом друге фрикционе површине по својој природи се разликује од хабања и у мањој или већој мери постоји код свих видова трења. Ова појава може да има различите облике - од стања у којима пренесени материјал може да се детектује једино специјалним методама до стања у коме постоји трансфер масе у макро количинама. Тај процес може такође да се одвија са тенденцијом нагомилавања масе на једној од фрикционих површина, повременог одвајања са ње и удаљавања из зоне трења, што се дешава на пример при обради резањем.

Између ова два екстремна случаја постоји велики број мешовитих стања, какво је на пример, прелажење честица материјала час на једну час на другу фрикциону површину, када оне уопште не излазе из зоне трења. И док се у случају нагомилавања материјала са одвајањем може говорити као о проблему хабања, дотле у случају када атомски мала маса флукутира између две фрикционе површине и слоја мазива не може бити речи о хабању као трошењу фрикционих површина.

Последице прелажења и спајања материјала по трибомеханички систем, иначе, могу да буду различите. Оне могу да се крећу од корисних, као што је то код неких лежишта када је маса атомски мала, до изразито непожељних и штетних као што је случај при обради резањем када је та маса велика.

Иако је трансфер масе при трењу уочио још Да Винчи прва, тзв. физичко-хемијска, хипотеза о механизму настанка прелажења материјала при трењу постављена је тек 1969. године.[1]. После тога уследио је читав низ других хипотеза али физичка сушина ове појаве још увек је мало позната. Многобројни резултати истраживања [1,2,3] показују да трансфер масе највише зависи од његове природе (електронска структура, хемијска активност, итд.), од услова у којима

функционише фрикциона спрега (притисак, брзина, температура, електрично, магнетно поље), итд. а важну улогу при томе има пластична деформација контактних слојева. При трењу материјала који имају густо паковане решетке, тј. такву структуру у коју се тешко могу “убацити” други атоми, прелажење, међусобно спајање укључујући и хабање слабо је изражено [4,5]. С друге стране, материјали који имају могућност да, на различите начине и из било ког узрока, примају атоме других материјала, имају повећану склоност ка трансферу масе уопште.

Такође, високо квалитетно обрађене контактне површине код којих су елементи храпавости и валовитости малих димензија, по правилу су мање склоне појави међусобног прелажења материјала. Насупрот томе, при постојању линија и бразди од механичке обраде трансфер масе је врло изражен и зависи чак и од правца релативне брзине. Са порастом температуре изнад 0,2-0,3 од тачке топљења, такође нагло расте количина пренесеног материјала а истовремено се појачава његово спајање и нагомилавање [6].

2. ПРИНЦИП СЕЛЕКТИВНОГ ТРАНСФЕРА МАСЕ

За смањење хабања користе се различите методе као што су висок квалитет механичке обраде контактних површина, повећање њихове тврдоће и, наравно, употребом различитих мазива. На тај начин се минимизира појава потенцијалних жаришта хабања каква су места директног контакта микронеравнина. Међутим, у условима рада елемената трибомеханичких система у којима владају већи притисци који имају за циљ повећање коефицијента корисног дејства, појачано трошење фрикционих површина се не може отклонити наведеним традиционалним методама. То је озбиљан недостатак и, како се показало, њега је могуће елиминисати једино ефектима тзв. селективног трансфера масе.

¹ др Мирослав Б. Ђурђановић, ванредни професор, Машински факултет Ниш, Београдска 14, 18000 Ниш, e-mail: djurdjan@ban.junis.ni.ac.yu

² Горан Петровић, дипломирани инжењер, Машински факултет Ниш, Београдска 14, 18000 Ниш, e-mail: pgoran@masfak.ni.ac.yu

Појава селективног трансфера масе откривена је 1956. [2], најпре код фриксионих парова челик/бронза у условима граничног трења при чему је мазиво био глицерин. Том приликом код клизних лежишта при брзини клизања од око 6 m/s, притиску од преко 40 MPa и температури 40-60 °C, утврђено је да интензитет хабања и сила трења имају вредности карактеристичне за неке врсте течног трења.

Истраживања која су уследила показала су да се овако низак интензитет хабања и сила трења јављају услед сложених физичко-хемијских трансформација, електрохемијских и трибо електричних појава које настају у зони контакта у току фриксије и теку истовремено. Као коначан резултат тих процеса на површинама оба фриксиона елемента, и на бронзи и на челику, увек се формирао врло танак слој бабра дебљине 1-2 μm чврсто везан за основни материјал елемената фриксионог пара. Касније је примећено да исти ефекат може да се реализује и код других трибомеханичких парова а на њиховим контактним површинама увек су били формиран танки слојеви исте дебљине. Ти слојеви материјала који се при граничном трењу формирају потпуно аутономно, представљају уствари специфичне самозаштитне опне (СЗО) које у даљем току фриксије штите основни материјал од хабања и истовремено смањују отпорну силу.

3. МЕХАНИЗАМ ФОРМИРАЊА И СТРУКТУРА САМОЗАШТИТНЕ ОПНЕ

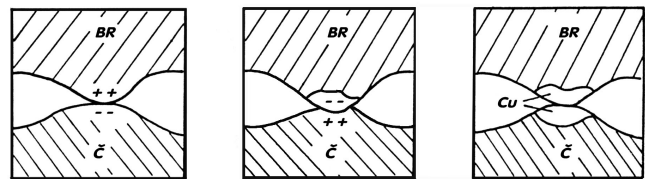
Механизам формирања СЗО није довољно познат и, зависно од мазива, материјала од којих су начињени фриксиони елементи и услова трења, он може да буде различит. У случају трења пара бронза/челик са глицерином као мазивом, формирање СЗО је највише истражено и сматра се да се оно у принципу одвија на исти начин код свих трибо механичких елемената. Најважнију улогу при томе имају хемијски и трибоелектрични процеси који у зони трења теку истовремено. Најпре, како је утврђено глицерин на бронзу делује као слаба киселина због чега се честице створене хабањем при граничном трењу као и њен површински слој, растварају. Међутим, глицерин дејством на бронзу не утиче на бакар већ делује селективно и раствара само атоме легирајућих елемената: Pb, Zn, Fe, Al, и друге, који прелазе у глицерин и мешају се њим чинећи неку врсту колоидног раствора. Смањена количина легирајућих елемената на бронзаној површини изазива њихву дифузију из дубљих слојева према површини па се цео процес растварања понавља а површина бронзе постаје - чиста бакарна површина.

Поред хемијског, због контактне разлике потенцијала на додиру бронзе и челика, истовремено се јављају и теку електрохемијске и трибоелектрични појаве. У овом случају, на почетку трења, при међусобном додиру чистих метала, део од бронзе има позитивни а део од челика негативни потенцијал. На тај начин сваки пар реалних контаката представља кратко спојени галвански микроелемент кроз који тече струја док на местима где нема контакта, захваљујући електрохемијском дејству мазива, иде процес

растварања материјала.

Појава електричне струје повећава интензитет дифузије легирајућих елемената према површини, тј. настаје тзв. процес анодног растварања компонената легуре помоћу активних материја из мазива, слика 1. Као резултат дејства струје, на површини бакарне легуре, тј. на бронзи, формира се бакарна опна, док у слоју мазива улазе негативно наелектрисани легирајући елементи.

При фриксији, поједини делови формиране бакарне превлаке под дејством оптерећења и глицерина бивају дисперговани па се у зорору фриксионог пара ствара танко дисперговани бакар који образује са глицерином колоидни раствор. У даљем процесу настаје одвајање и кретање јона бабра из колоидног раствора који се, под дејством кулоновске силе, спајају са челичном површином која за њих представља катоду. Пошто се тако смањује укупна количина бабра на бронзи, наставља се њено растварање у површинским слојевима и "извлачење" легирајућих елемената. Цео процес тече сукцесивно и траје све дотле док се на фриксионим површинама оба елемента не формира бакарна опна дебљине 1-2 μm а онда се сам прекида јер глицерин губи способност да даље "извлачи" легирајуће елементе из бронзе.

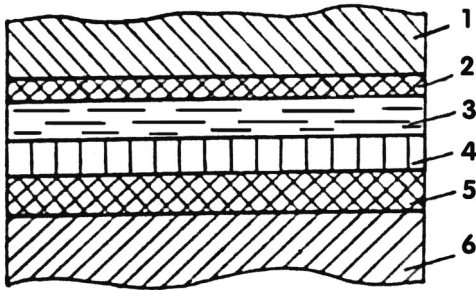


Слика 1. Анодно растварање бронзе Пошто се прекида анодно растварање бронзе, контактна разлика потенцијала постаје једнака нули, прекида се струјни ток и настаје режим трења у коме практично нема хабања а коефицијент трења има екстремно малу вредност. Ако се из било ког разлога бакарна опна разори онда поново долази до селективног анодног растварања бронзе, њена површина се обогаћује баком и све се понавља док се поново не успостави стабилно, неутрално, стање.

Глицерин, осим што делује као слаба киселина на бронзу, такође има особину да редукује оксиде бабра који се стварају при његовој реакцији са кисеоником у току трења. На тај начин оксидне опне бабра чим се образују одмах бивају разорене; уствари - оксиди не могу уопште да опстану а због слободних веза, бакарни филм постаје хемијски врло активан и веома склон спајању са челиком. Глицерин такође разара оксиде и на челичној површини што само олакшава спајање бабра за челиком и формирање бакарне опне истог састава као што је и на бронзи.

Међутим, оно што је важно, јесте да се структура овако формираног слоја бабра веома разликује од грађе чистог метала: бакарна опна није компакта већ је шупљикава. Различитим методама испитивања утврђено је да бакарна опна има малу густину дилокација - око 10^9 cm^{-2} али има веома велики број вакансија - око 10^{21} cm^{-3} . Њена кристална структура, уствари, има преко 10% слободних чворова. Према теорији Бернала, чврста тела са таквом структуром (са

толиким процентом вакансија) се понашају као течности, она постају квазитечна. Поред тога, један део насталих вакансија образује поре које се попуњавају молекулима глицерина.



Слика 2. Структура граничног слоја при трењу са селективним трансфером масе: 1-челик; 2-бакарна опна; 3-полимеризовани молекули глицерина; 4-адсорбовани молекули; 5-бакарна опна; 6-бронза

У контактної зони фрикционих елемената, како су показала испитивања, формира се специфичан гранични слој који има сложену структуру. Процес трења, слика 2., тече између пластичних (квазитечних) превлака од бакра (2 и 5) између којих се налази слој адсорбованих молекула 4 повезаних са полимеризованим молекулима глицерина 3. Ствара се уствари гранични слој који личи на лако покретни сендвич код кога је потпуно искључен контакт чистих металних површина челика 1 и бронзе 6 међусобно. Самим тим, стабилни режим трења се одвија у оквиру материјала који има особине течности. Трење у овом случају може да се упореди са клизањем тела по леду, при коме ниски коефицијент трења уместо воде, обезбеђује опна растопљеног метала. Отуда и следи објашњење да се коефицијент трења смањује за више од десет пута и да се јавља занемарљиво мали интензитет хабања.

Овде треба истаћи занимљиву чињеницу а то је да цео процес формирања самозащитне опне веома подсећа на оно што се дешава код фрикционих парова живе природе - код зглобова људи и животиња.

4. УСЛОВИ ЗА РЕАЛИЗАЦИЈУ СЕЛЕКТИВНОГ ТРАНСФЕРА И ЊЕГОВА ПРИМЕНА

Процес селективног трансфера масе може да се реализује само при одређеним режимима трења. Ради тога неопходно је истовремено деловање одређеног притиска, брзине клизања и температуре. Ови фактори имају задатак да металне површине доведу у стање пластичне деформације услед које се повећава активност и покретљивост њихових структурних честица. То је неопходан услов јер се на тај начин у зони контакта концентрише потребна количина енергије којом се обезбеђује прегрупписавање појединих структурних елемената додирних површина. Међутим, истовремено са наведеним параметрима, такође је неопходно обезбедити могућност да се при таквим условима трења образују тзв. површински активне материје. То значи да између контактних површина при трењу мора да егзистира материја која има особину да

ступа у хемијске реакције са материјалом фрикционих елемената, да га раствара и тако да образује одговарајући хемосорпциони слој.

У почетној фази процеса, када још увек није образована заштитна опна, огромну улогу има појава термо и трибоелектричне струје, нарочито при повећаним брзинама клизања. Трибоструја која се ствара при фрикцији, између осталог, интензивира оксидацију фрикционих површина чиме може знатно да утиче на ефекат селективног трансфера масе. Потпуно аналогно дејство, како се показало, може да манифестује и спољашњи струјни извор прикључен на фрикциони пар.

У реалним трибомеханичким елементима глицерин се практично не користи као мазиви материјал. Међутим, селективни трансфер масе који је увек изражен при трењу бакарних легура, дешава се и код јако оптерећених делова подмазаних обичним минералним мазивима. У таквим случајевима кинематика посматраног фрикционог пара има важну улогу при образовању заштитне опне.

Самозащитна опна може да се образује код пара челик/челик са мазивим материјалима који садрже мале, ситне, честице бронзе или бакра, сребра, никла, месинга и многих других метала. У процесу трења те честице се делимично растварају и на површинама челичних елемената се такође формирају танке бакарне опне, ако је то бронза или месинг или неког другог метала који се налази у мазиву. У индустријској пракси развијених земаља разрађен је читав низ прашкастих материјала којима се обезбеђује режим формирања самозащитне опне на фрикционим елементима.

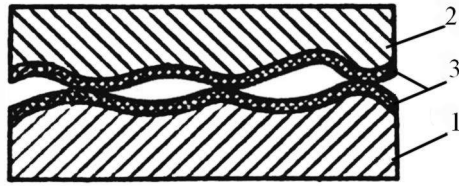
На потпуно исти начин самозащитне опне се образују и при трењу пара челик/пластична маса као и на многим другим комбинацијама фрикционих површина. У тим случајевима, обично је пластична маса армирана танким бакарним (или другим) влакнима.

Коришћење ефеката селективног трансфера масе у садашње време је веома развијено употребом различитих прашкастих, течних или мазива другачијих стања али исто тако и методама наношења превлака од бакра или неког другог метала на фрикциону површину уз присуство одговарајућег мазива које има особину да постане површински активна материја. Те методе се користе у авио, ауто индустрији, у индустрији тешких машина код редуктора велике снаге, и тд. док су, на пример, у електроници (нарочито код рачунара) и различитим медицинским апаратима оне незаменљиве јер се тиме обезбеђује рад фрикционих елемената практично без трења.

5. ФИЗИЧКИ ОСНОВИ СНИЖЕЊА ХАБАЊА И СИЛЕ ТРЕЊА ПРИ СЕЛЕКТИВНОМ ТРАНСФЕРУ МАСЕ

У условима трења трибомеханичких елемената како без мазива тако и при постојању граничне мазиве опне, реална површина контакта износи 0,01..0,0001 од вредности номиналне површине. Као последица таквог стања јављају се веома високи притисци што доводи до узајамног продирања микронеравнина, пластичне

деформације материјала и интензивног хабања. На слици 3. приказан је контакт делова при граничном трењу без заштитне опне и, како се види, он се дешава само у појединим тачкама.



Слика 3. Додир при граничном мазиву: 1-челик; 2-бронза; 3-оксидне опне

На слици 2. је приказан додир делова са самозаштитном опном али у овом случају он се остварује преко меког и танког слоја бакра. Као резултат таквог стања, реална површина контакта расте до вредности номиналне површине а основни материјал фрикционих елемената трпи само еластичне деформације.

С друге стране, дебљина самозаштитне опне има вредност 1..2 μm а то су димензије које одговарају димензијама неравна већине елемената општег машинства, или су нешто веће од њих. При граничном мазиву интеракција неравна површина изазива заморно хабање материјала. Међутим, у условима селективног трансфера масе процес трења тече непрекидно јер је материјал контактних површина у квази течном стању.

У случају када процес трења иде са граничним мазивом или без мазивог материјала, површине елемената су увек прекривене оксидним опнама које, као што се зна, при директном додиру погодују појави адхезије. Међутим оксидне опне су крте, нису способне за вишеструко деформисање и зато се у процесу трења оне разарају па њихово заштитно дејство слаби. У исто време, са повишењем температурама у зони трења оксидне опне се стањују али се при томе повећава маса материјала који се разара па се и хабање повећава.

Процес трења у режиму селективног трансфера масе, као што је описано, се одвија без оксидације материјала контактних површина; шта више, тада уопште нема образовање оксидних опни. Заштиту површина од оксидације врши слој адсорбованих површинско активних материја које се образују у процесу трења и спречавају приступ кисеонику. Одсуство оксидне опне смањује рад излаза електрона и помаже протицање хемосорбционих процеса услед чега се формира допунска заштита од хабања.

Поред тога, како је познато, при обичном трењу оксидне опне стимулишу излаз дислокација на површину чиме се убрзава ојачавање површинског слоја и његово разарање. Самозаштитна опна, међутим, не дозвољава формирање оксида и ојачавање површинског слоја и он може многоструко да се деформише а да се не разори.

6. ЗАКЉУЧАК

Селективним анодним растварањем и селективним трансфером масе, метална опна на фрикционим површинама формира се захваљујући процесима које проузрокује трење. У условима селективног трансфера масе трење се не јавља као деструктиван процес; напротив - оно омогућава формирање самозаштитне опне. Процес трења у овом случају тече без хабања, а заштитна опна се ствара сама, потпуно аутономно. С обзиром на карактеристике које има трење и хабање, ефекти селективног трансфера масе, како енергетски тако и економски су веома велики. Они се свакако могу искористити и у железничком машинству.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Погосјан К.А., Оганесјан В.А.:Јавление фрикционог переноса: Основне закономерности и методи исследования, Трение и износ, Том VII, No 6, 1986.
- [2] Гаркунов Н.Д.: Триботехника, Машиностроение, Москва, 1985.
- [3] Buckley H.D.: Surface effects in adhesion, friction, wear and lubrication, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York, 1981.
- [4] Коробов М.Ј., Преис А.Г.: Електромеханически износ при трении и резании металлов, Техника, Киев, 1976.
- [5] Васиљев В.С.: О взаимосвязи электроного строения металла с его склоностью к адгезии, Трение и износ, Том VII, No 5, 1986.
- [6] Кузнецов В.Д.: Избрание труды, Физика резания и трение металлов и кристалов, Наука, Москва, 1977.

ABOUT POSSIBILITY OF INCREASING ENERGETICAL AND ECONOMICAL EFFECTS OF TRIBOMECHANICAL SYSTEMS WITH SELECT MASS TRANSFER

M.Đurđanović¹, G.Petrović²

Summary: In this paper the selective transfer of mass described. Phenomenon of selective transfer of mass can influence to decrease parameters friction and wear.

Key words: friction, wear, selective transfer of mass.

IZBOR POLITIKE PODMAZIVANJA

Milan Đurić¹, Mile Stojilković²

Rezime: Izborom politike podmazivanja se definiše način na koji se određuje dužina perioda upotrebe maziva u tribomehaničkom sistemu. Ovaj period je razapet između dvije logike:

- ekonomske (zahtijeva se što duži period, zbog smanjenja troškova nabavke maziva) i
- sigurnosne (zahtijeva se što kraći period, zbog smanjenja rizika pojave otkaza sistema).

Ključne riječi: politika podmazivanja, mazivo, period zamjene, otkaz sistema.

1. UVOD

Pri projektovanju efikasne funkcije podmazivanja, osnovni ciljevi podmazivanja se mogu ostvariti pravilnim podmazivanjem elemenata svih tribomehaničkih sistema koji se kao osnovne jedinice nalaze u sastavu podsklopava i sklopova mašina i opreme industrijskih sistema.

Pravilno podmazivanje podrazumijeva snabdijevanje svakog mjesta za podmazivanje: odgovarajućim mazivom, određenom količinom maziva u određenim intervalima i pomoću određenih uređaja.

U zavisnosti od kritičnosti dijelova sistema u pogledu posledica otkaza i značaja tehnoloških sistema bira se politika podmazivanja. Pojam politika podmazivanja, podrazumijeva princip donošenja odluka o načinu i vremenu sprovođenja postupaka podmazivanja.

Tokom rada tehnološkog sistema, ulje se troši i degradira. Potrošnja ulja zavisi kako od konstruktivnih i eksploatacionih karakteristika i tehničkog stanja tehnološkog sistema, tako i od svojstava samog ulja, njegove isparljivosti, odnošenja itd.

Uporedo sa potrošnjom odvijaju se i procesi degradacije ulja, čime se mijenjaju njegove fizičko-hemijske i tribološke osobine. Ovi procesi su neizbježni i teku od

početka korištenja ulja, a kojom brzinom će se odvijati zavisi od niza faktora kao što su: karakteristike i tehničko stanje tehnološkog sistema, režimi rada, uslovi eksploatacije, kvalitet ulja, količina ulja u sistemu, vrsta i količina kontaminanata koji dopijevaju u ulje itd. Bitno je odrediti trenutak zamjene ulja.

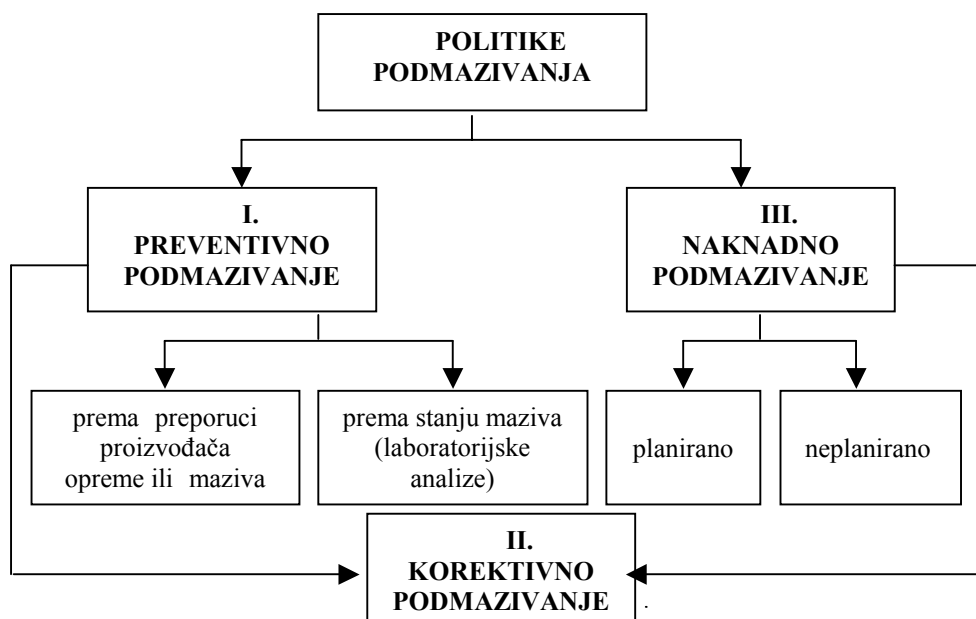
2. POLITIKA PODMAZIVANJA

Politika podmazivanja kao jedno od najvažnijih obilježja funkcije podmazivanja ima značajan uticaj na opšti kvalitet sistema podmazivanja. Pod ovim pojmom se podrazumijeva princip donošenja odluke o vremenu u kojem treba da se sprovedu postupci podmazivanja. Na osnovu toga se mora sprovesti i aktivnost podmazivanja koja se može definisati kao:

I. Preventivno podmazivanje - prije pojave otkaza sa ciljem sprečavanja pojave otkaza,

II. Korektivno podmazivanje - nakon pojave otkaza sa ciljem preventivnog uklanjanja uzroka otkaza (korigovanje postupaka podmazivanja ili vrste maziva),

III. Naknadno podmazivanje - nakon pojave otkaza, pri vraćanju sistema iz stanja U OTKAZU u stanje U RADU.



¹Milan Đurić, dipl.ing. Rafinerija ulja Modriča, milandj@modricaoil.com

²mr Mile Stojilković, dipl.ing. Rafinerija nafte Novi Sad, miles@ptt.yu

I. PREVENTIVNO PODMAZIVANJE

Savremeni tehnološki sistemi su visoko softicizirani i skupi. Od ovakvih sistema se zahtijeva visoka efektivnost, te je uvođenje preventivnog podmazivanja osnovni preduslov za sprečavanje otkaza. Od stanja proizvodne opreme zavisi i kvalitet proizvoda. Zbog neadekvatnog podmazivanja dolazi do povećanog habanja mašinskih elemenata što se odražava na tačnost i kvalitet proizvoda.

Preventivno podmazivanje se može podijeliti na dvije vrste:

- zamjena ulja ili dolivanje prema preporukama proizvođača opreme ili proizvođača maziva,

- zamjena ulja ili dolivanje prema stanju maziva (zavisno od stepena degradacije utvrđenog eksploatacionim ispitivanjima)

I.1. Zamjena ulja ili dolivanje prema preporukama proizvođača opreme ili proizvođača maziva

Ova vrsta preventivnog podmazivanja se sprovodi sa ciljem sprečavanja pojave otkaza sistema, a odnosi se na dolivanje i intervale zamjene ulja koje propisuju proizvođači opreme ili proizvođači ulja.

Primjeri preporuka proizvođača opreme su prikazani u tabeli 1.

Tabela 1. Preporuka Mercedes Benz-a za intervale zamjene ulja u svojim motorima

| Specifikacije MB (kvalitetni nivo motornog ulja) | Za gradski saobraćaj | Za međugradski saobraćaj | Za teške uslove rada (prašina, gorivo nižeg kvaliteta) |
|--|----------------------|--------------------------|--|
| Motori sa prirodnim usisavanjem | | | |
| MB 228.0/1/2/3 | 30 000 km | 45 000 km | 10 000 km |
| MB 227.0/1 | 20 000 km | 30 000 km | 10 000 km |
| MB 226.0 | 10 000 km | 15 000 km | 5 000 km |
| Motori sa turbo-kompresorom | | | |
| MB 228.2/3 | 30 000 km | 45 000 km | 10 000 km |
| MB 228.0/1 | 20 000 km | 30 000 km | 10 000 km |
| MB 227.0/1 | 10 000 km | 15 000 km | 5 000 km |

Proizvođači maziva takođe daju preporuke o intervalima zamjene ulja za određene kvalitetne nivoe i određene uslove eksploatacije. Međutim, i ove, a i preporuke proizvođača opreme treba shvatiti uslovno. Uslovi rada, kvalitet goriva, stepen ispravnosti motora i niz drugih uslova imaju veliki uticaj na brzinu degradacije ulja, a samim tim i na interval zamjene ulja.

I.2. Zamjena ulja ili dolivanje prema stanju maziva (zavisno od stepena degradacije utvrđenog eksploatacionim ispitivanjima)

Ova vrsta preventivnog podmazivanja obuhvata aktivnosti koje se sprovode sa ciljem utvrđivanja stepena degradacije i pravovremene zamjene ulja, prije nego što ona dovede do povećanog habanja i konačno do otkaza sistema.

Kriterijumi za utvrđivanje stepena degradacije i perioda zamjene ulja su sledeći:

1. Izgled

Ne postoji metoda za definisanje izgleda, ali se upotrijebljena ulja karakterišu kao ulja tipičnog ili ulja netipičnog izgleda. Već izgled može uputiti na neke analize bitne za upotrijebljena ulja (sadržaj vode ili mehaničkih nečistoća itd.).

2. Miris

Ne postoji standardna metoda za definisanje mirisa, ali se često osjeti prisustvo goriva u ulju. I oksidisano ulje često ima tipičan "težak" miris.

3. Sadržaj vode (% v/v, metoda ASTM D 95)

Voda u ulju može dospjeti: curenjem iz sistema za hlađenje (oštećen zaptivač, pukotina u bloku motora, nedovoljno pritegnuta glava motora) te kondenzovanjem (niska radna temperatura).

Dozvoljena količina vode u ulju je: za motorna ulja do 0,2%, za industrijska ulja do 0,1%.

4. Temperatura paljenja ulja (°C, metoda ASTM D 93)

Ovom analizom se utvrđuje prisustvo goriva u ulju (max 5% v/v).

Toleriše se pad temperature paljenja do 25% (do cca 180 °C)

5. Viskozitet (mm²/s, metoda ASTM D 445)

Sniženje viskoziteta može bit posledica miješanja sa uljem nižeg viskoziteta, prisustva goriva u ulju ili istrošenosti impruvera (aditiva za poboljšanje indexa viskoziteta).

Porast viskoziteta može biti posledica kontaminacije ulja vodom, prisustva čađi i produkata degradacije, miješanja sa uljem višeg viskoziteta ili kao rezultat odparavanja.

Za motorna ulja se toleriše porast viskoziteta do 35% ili pad do 25%. Za industrijska ulja se toleriše pad ili porast do 10%.

6. Indeks viskoziteta (metoda ASTM D 2270)

Ova analiza može biti od značaja jedino ako se radi o nepoznatom uzorku, da bi se izvršila identifikacija u smislu je li ono monogradno ili multigradno.

7. Sadržaj goriva (% v/v, metoda ASTM D 322)

Sadržaj goriva u ulju se toleriše do 5%, što je u korelaciji sa padom temp. paljenja za 25%.

8. Talog (% v/v, metoda ASTM D 2273)

Dozvoljena granica taloga za industrijska ulja je 0,1%, za motorna ulja 1%, a za ulja za prenos toplote 3%.

9. Nerastvorljivi ostaci u n-pentanu i benzolu (% v/v, metoda ASTM D 893)

Dozvoljene vrijednosti za nerastvorne ostatke u n-pentanu su 3 do 5 %, a u benzolu 2 do 2,5 %.

10. p-H vrijednost

Ova analiza se radi samo za trafo ulja i ulja za obradu metala.

11. Ukupan bazni broj - TBN (mgKOH/gr. ulja, metoda ASTM D 2896)

Ova analiza je bitna samo za motorna ulja i smatra se da ulje treba zamijeniti ako TBN padne za 50% od početne vrijednosti, ili na najmanju vrijednost TBN=4.

12. Neutralizacioni broj - TAN (mgKOH/gr. ulja, metoda ASTM D 664)

Ova analiza je posebno bitna za hidraulična, kompresorska, turbinska i druga ulja koja se koriste kod opreme osjetljive na koroziju.

Tabela 2.

| Elementi | (max) mg/kg (ppm) | (norm. mg/kg (ppm)) |
|----------|-------------------|---------------------|
| Fe | 500 | 130 |
| Al | 60 | 25 |
| Ag | 3 | |
| Cr | 70 | |
| Cu | 75 | 30 |
| Pb | 100 | |
| Si | 60 | 25 |

U motornim uljima, porijeklo elemenata je od habanja, iz vazduha i iz tečnosti za hlađenje, kao i iz aditiva.

Metali koji potiču od habanja su: Fe, Pb, Cu, Cr, Al, Mn, Ag i Sn.

Elementi koji potiču iz kontaminacije rashladnom težnošću ili iz vazduha su: Si, Ca, B, Na.

Elementi koji potiču iz aditiva u ulju su: Pb, Zn, Ca, Ba, Mg.

• Eksploataciono ispitivanje motornog ulja

Optimalan period zamjene uljnog punjenja u motoru može se dovoljno pouzdano odrediti eksploatacionim ispitivanjima, odnosno sistematskim praćenjem promjena stanja ulja tokom čitavog perioda upotrebe. Osim toga, promjene fizičko-hemijskih osobina ulja ukazuju i na promjene ili na neispravnost u motoru, pa je dijagnoza stanja ulja istovremeno i osnova za dijagnozu stanja motora.

Prema tome, cilj eksploatacionih ispitivanja je utvrđivanje maksimalno mogućeg intervala upotrebe motornog ulja, da bi se na taj način ostvarile određene uštede u potrošnji ulja, bez negativnih posledica po motor.

Postoji više faktora koji utiču na promjenu stanja motornih ulja, a najvažniji su:

- tip i konstrukcione karakteristike motora (na njih se ne može uticati),
- neispravnosti na motoru (pumpe, prečistači, dovod goriva, paljenje itd.),
- nepropisno rukovanje (oksidacija ulja usled pregrijanosti motora itd.),
- uslovi rada (ljetno, zima, gradska vožnja itd.),
- kvalitet goriva (cetanski ili oktanski broj, sadržaj sumpora, filtrabilnost),
- kvalitet ulja (svaki model motora zahtijeva određeni kvalitet ulja),
- zapremina rezervoara za ulje (kartera) i nivo ulja u njemu (manja količina ulja je izložena većoj degradaciji i termičkoj razgradnji)

13. Emisiona spektrografska analiza

Ovom analizom se određuje količina metala i nemetala (u vidu abrazivnih čestica) prisutnih u mazivu, što je bitna osobina, jer čestice metala u mazivu djeluju kao katalizatori oksidacije, a i abrazivni su.

U tabeli 2 su date max. vrijednosti količina elemenata koje su dozvoljene u korišćenom ulju.

- vrste i količine kontaminanata (prašina, pijesak, opiljci metala, kondenz. vodena para isl.).

Da bi se ostvario maksimalni period korišćenja ulja u motoru, mora se maksimalno usporiti kontaminacija ulja, a za to su potrebni sledeći uslovi:

- ispravan sistem za dovod goriva i ispravan sistem za paljenje,
- što potpunije sagorijevanje goriva,
- ispravan sistem za hlađenje,
- redovna kontrola i promjena prečistača za vazduh, ulje i gorivo,
- izbor ulja odgovarajućeg kvalitetnog nivoa koje može dugo da odolijeva destruktivnom dejstvu kontaminanata.

• Postupak eksploatacionog ispitivanja

Da bi podaci bili pouzdaniji, ispitivanja se vrše na više motora istog modela, stanja i godine proizvodnje.

- Svrha ispitivanja: Određivanje maksimalnog intervala upotrebe motornog ulja.

- Podaci o vozilima:

Marka, serija i tip vozila; godina proizvodnje; tip motora; snaga motora; zapremina kartera; uslovi rada (gradska vožnja, međugradska vožnja, vožnja autoputevima i sl.).

- Podaci o motornom ulju:

Kvalitetni nivo (ACEA, API); viskozitetna gradacija (SAE); fizičko-hemijske osobine ulja.

Prilikom punjenja motora uljem za ispitivanje, treba promijeniti i prečistače ulja, goriva i vazduha. Za ovo ispitivanje treba zadužiti stručno i povjerljivo lice. Uzorci ulja se uzimaju: nakon 5 minuta rada motora (nulti uzorak), nakon 50 sati rada motora, a zatim posle 100 sati rada i tako redom. Zapremina jednog uzoraka je oko 1 litar.

U tabeli 3. su prikazane fizičko-hemijske karakteristike koje se ispituju kod motornih ulja.

Tabela. 3.

| Fizičko-hemijske karakteristike | Jedinice | Metoda | Dozvoljeno odstupanje od početnih vrijednosti | Dobij. vrijedn. |
|---------------------------------|--------------------|-----------------|---|-----------------|
| Temperatura paljenja | °C | ASTM D 92 | 20% | |
| Temperatura tečenja | °C | ASTM D 97 | | |
| Viskozitet na 40 °C | mm ² /s | ASTM D 445 | pad do 25%: porast do 30% | |
| Viskozitet na 100 °C | mm ² /s | ASTM D 445 | pad do 25%: porast do 30% | |
| TBN | mgKOH/g | ASTM D 2896 | pad do 50% ili min. vrij. 4 | |
| Nerastv. u n-pentanu | % | ASTM D 893 | do 2,5 | |
| Nerastvor. u benzolu | % | ASTM D 893 | do 2,0 | |
| Sadržaj vode | % | ASTM D 95 | do 0,2 | |
| Sadržaj goriva | % | ASTM D 322 | do 5 | |
| Korozivnost | | ASTM D 130 | | |
| Mehaničke nečistoće | % | ASTM D 2273 | | |
| Sadržaj elemenata | | | | |
| Fe | ppm | emis. spektrof. | 130 | |
| Al | ppm | emis. spektrof. | 50 | |
| Cr | ppm | emis. spektrof. | 50 | |
| Cu | ppm | emis. spektrof. | 70 | |
| Pb | ppm | emis. spektrof. | 100 | |
| Si | ppm | emis. spektrof. | 50 | |

• Diskusija dobijenih vrijednosti

Na osnovu dobijenih vrijednosti može se upoređivanjem sa dozvoljenim odstupanjima od početnih vrijednosti utvrditi stepen upotrebljivosti motornog ulja. U slučaju da **BAR JEDNA KARAKTERISTIKA ODSUPA OD DOZVOLJENIH VRIJEDNOSTI, ULJE SE MORA ZAMIJENITI.**

Svaki pokušaj da se produži interval korištenja motornog ulja izvan limitirajućih vrijednosti, može imati za posledicu: sljepljivanje klipnih prstenova, izgorjele i lakom prekrivene klipove, istrošene ležajeve, izgorjele ventile i konačno kompletno zaribavanje motora.

Iz ekonomskih razloga nije dobro ni mijenjanje ulja prije vremena.

Na osnovu svih dobijenih rezultata i dijagnoze stanja ulja, može se doći do maksimalnog intervala upotrebe ulja u eksploatacionim uslovima.

3. KOREKTIVNO PODMAZIVANJE

Tehnološki sistemi kod kojih je vrijeme do pojave otkaza daleko manje od očekivanog srednjeg vremena do pojave otkaza, zahtijevaju intervencije kojima se eliminišu uzroci takvog stanja.

Ove intervencije se vrše nakon niza pojava otkaza nekog sistema i u tom pogledu pripadaju naknadnom podmazivanju. Međutim, s obzirom na to da se nakon sprovođenja korektivnih intervencija, otklanjaju uzroci ranijih pojava otkaza, to je ova politika podmazivanja i preventivna jer sprečava dalje pojave otkaza.

Korektivno podmazivanje se primjenjuje kod sistema koji su loših konstrukcionih rješenja, koji rade izvan propisanih režima rada i uslova eksploatacije ili usled loših prethodnih intervencija podmazivanja.

Iz navedenog se može zaključiti da korektivno podmazivanje obuhvata niz akcija potrebnih za vraćanje tehnološkog sistema posle pojave stanja U OTKAZU u stanje U RADU, u cilju vršenja funkcije sistema u granicama dozvoljenih odstupanja.

4. NAKNADNO PODMAZIVANJE

Intervencije podmazivanja koje se sprovode nakon pojave otkaza, odnosno utvrđivanja da je posmatrani sistem U OTKAZU, nazivaju se naknadnim podmazivanjem. Ove intervencije mogu biti planirane i neplanirane.

Politika planiranih naknadnih intervencija podmazivanja primjenjuje se u slučajevima kada su, teoretski posmatrano, moguće sve politike podmazivanja, ali je ekonomski najopravdanije pustiti da sistem radi sve do pojave otkaza (na primjer: hidraulični amortizeri i sl.). Pošto se ovi otkazi mogu predvidjeti, to se adekvatnim obezbjeđivanjem potrebnih resursa za otklanjanje otkaza (rezervni dijelovi - zaptivke, mazivo, izvršiooci) obezbjeđuje efikasno podmazivanje (zamjena hidrauličnog ulja). Ova politika podmazivanja se javlja u principu kod sistema, kod kojih otkaz dijelova sistema ne povećava značajno gubitke nastale usled zastoja mašine za vrijeme trajanja intervencije podmazivanja.

Slučajevi koji mogu nastati u vanrednim situacijama: oštećenje rezervoara ulja; kvar uljne pumpe; oštećenje zaptivki; prodor mehaničkih nečistoća, vode ili drugih kontaminanata i slični nepredviđeni događaji, dovode do pojave otkaza sistema. Ovi slučajevi su neplanirani. Nakon otklanjanja otkaza mora se utvrditi stepen degradacije maziva i donijeti odluka o dolivanju (domazivanju) ili zamjeni maziva.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu ciljeva podmazivanja tehnoloških sistema, koji su definisani sledećim stavovima:

maksimalna produktivnost uz najniže troškove, najviši kvalitet, sigurnost i bezbjednost rada, sniženje troškova podmazivanja, obezbjeđenje pouzdanih zapisa o podmazivanju, prikupljanje neophodnih informacija o troškovima podmazivanja, optimizacija perioda zamjene maziva, optimizacija životnog vijeka opreme, minimizacija utroška energije, minimizacija zaliha, nameće se zaključak

da je sprovođenjem PREVENTIVNOG PODMAZIVANJA prema stanju maziva (zavisno od stepena degradacije utvrđenog eksploatacionim ispitivanjem) izabrana NAJPOUZDANIJA POLITIKA PODMAZIVANJA.

Literatura:

- [1] Stanivuković D., Milanović N.: ORGANIZACIJA SREDSTAVA ZA RAD, Novi Sad, 1990.
- [2] Grupa autora: MAZIVA I PODMAZIVANJE, JUGOMA, Zagreb, 1986.
- [3] Grupa autora: ANALIZA STABLA OTKAZA MAŠINSKIH SISTEMA I MOGUĆNOSTI
- [4] PRIMJENE NJENIH REZULTATA, Kragujevac, 1996.
- [5] Stanivuković D., Kecojević S.: ODRŽAVANJE - PRILAZ PROJEKTOVANJU I UPRAVLJANJU, Novi Sad, 1995.

SELECTION OF LUBRICATION POLICY

Milan Đurić, mr Mile Stojilković

Abstract: With selection of lubricant policy is define way to determinate duration period of lubricant application in tribo-mechanic system. This period is located between two logic:

- economic (request for long change period, due to reduce costs of lubricant) and

- safety (request for short change period, due to reducire risik of system malfunction).

Key words: lubrication policy, change period, system malfunction.

PROCENA OTPORNOSTI NA HABANJE NAVARENIH SLOJEVA IZVEDENIH MANGANSKOM ELEKTRODOM

Vukić Lazić¹, Milorad Jovanović, Nada Ratković, Dragan Adamović, Radun Vulović²

Rezime - U ovom radu razmatraju se osnovni vidovi habanja radnih površina različitih delova i uređaja 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 manganskog (Hadfieldovog) čelika i specijalne legure na niskougljenični čelik. Zbog smanjenja troškova zamene, odnosno povećanja veka pojedinih vitalnih delova i sklopova mašina i uređaja, od prvorazrednog značaja je izabrati odgovarajući postupak i propisati optimalnu tehnologiju navarivanja. Na koji se način to ostvaruje ukazuju delom rezultati ovog rada. Smisao optimizacije je da se izaberu takvi postupci, dodatni materijali, parametri navarivanja i termička obrada, da bi se dobile najbolje izlazne karakteristike navara.

Ključne reči: navarivanje, abrazivno habanje, manganski - Hadfieldov čelik, železnička skretnica

1. UVOD

Istraživanjem uzroka oštećenja delova mašina i uređaja ustanovljeno je da u više od 50% slučajeva ona nastaju usled triboloških procesa u manje-više regularnim uslovima eksploatacije. Stoga je za projektovanje tehnologije regeneracije oštećenih delova najpre potrebno proučiti moguće mehanizme habanja spregnutih delova. Pri tome treba imati u vidu da se osim regeneracije delova pohabanih pri normalnom radu, takodje navaruju i delovi oštećeni zbog havarije, kao i novi odlivci izradjeni sa greškama. Osim toga, danas se sve više navaruju i novi delovi nanošenjem tvrdih legura, što zamenjuje cementaciju ili nitriranje. To je doprinelo da navarivanje zauzme važno mesto medju tzv. naprednim (prestižnim) tehnologijama.

Odgovorni elementi mašina, sklopova, uređaja, najčešće se izradjuju od veoma skupih legura pa se reparaturom, osim skraćanja vremena zastoja zbog popravke, postiže i ušteda kako u skupom osnovnom materijalu tako i u obradi delova na konačne dimenzije. U najvećem broju slučajeva ekonomski kriterijum za prihvatanje reparature je taj, da cena regeneracije dela ne prevazilazi cenu izrade novog dela. Posebno je ovo značajno kod delova velikih dimenzija i masovne proizvodnje, dok se reparatura unikatnih mašina i uređaja ponekad mora izvesti bez obzira na cenu [4, 5, 6, 10].

Reparatura navarivanjem delova železničke opreme primenjuje se odavno, a posebno dolazi do izražaja u vremenima ekonomske krize, gde dobija sve veći značaj. Za sam postupak reparature upotrebljavaju se različiti postupci navarivanja, zavisno od dimenzija i broja repariranih delova, materijala, radnih uslova i tsl. Najčešće se koriste metodi navarivanja pod prahom, ručno-elektrolučno navarivanje, a za spajanje šina i termično zavarivanje.

2. OŠTEĆENJA NASTALA USLED TRIBOLOŠKIH UTICAJA

Pod pojmom habanje podrazumeva se gubitak materijala sa kontaktnih površina nastao uglavnom kao rezultat delovanja mehaničkih sila. Pošto i hemijski procesi, koji prate ove pojave, mogu biti osnovni uzročnik habanja zbog dejstva korozije, to se uopšteno habanje smatra posledicom delovanja trenja ili zajedničkog delovanja trenja, termičkih, hemijskih, elektrohemijskih i drugih činilaca na elementima tribo-mehaničkog sistema. Gubitak materijala 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 dominantni, kao što su: materijal i osobine radnih površina, kvalitet i osobine kontaktnih 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 odredenog dela prema habanju materijala ili dela koji je uzet za etalon u istim uslovima kao pri realnim procesima trenja i habanja.

Mehanizmi habanja najčešće se razvrstavaju prema uslovima pod kojima se proces habanja odvija: vrsti relativnog kretanja tribo-mehaničkog sistema (klizanje, kotrljanje), prirodi materijala elemenata sistema, preovladjujućim mehanizmima habanja (adhezija, abrazija, erozija, kavitacija, zamor, vibracija,..), vrsti opterećenja, brzini i obliku čestica abraziva, intenzitetu habanja, karakteristikici otpornosti kontaktnih površina, radnoj temperaturi i tsl. [1, 2, 3].

¹ dr Vukić Lazić, docent, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, Tel. 034-335-990.

Prof. dr Milorad Jovanović, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac,

mr Nada Ratković, asistent, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac,

mr Dragan Adamović, asistent, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, adam@knez.uis.kg.ac.yu,

² Radun Vulović, dipl.ing., Zastava vozila doo, Direkcija kontrole, Trg topolivca 4, 34000 Kragujevac.

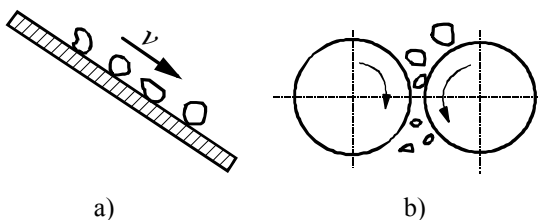
3. KLASIFIKACIJA ELEMENTARNIH MEHANIZAMA PROCESA HABANJA

Za vreme kontakta dva tribo-elementa, u površinskim slojevima, nastaje naponsko stanje, odnosno elastične i plastične deformacije, čija veličina zavisi od: intenziteta opterećenja, uslova trenja, mehaničkih osobina materijala, kao i od hrapavosti (mikrogeometrije) kontaktnih površina. 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 izražavanja [1, 2, 3] 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.

3.1. 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 više autora [1, 2, 3, 4, 5, 6, 8], abrazivno habanje je najrasprostranjenije jer mu približno pripada polovina svih vrsta habanja. Abrazivno habanje može se smanjiti povećanjem tvrdoće metalne površine koja se haba (više od 30% tvrdoće abraziva). Najviše su abraziji izloženi delovi poljoprivrednih mašina, elementi transportnih uređaja, radni delovi postrojenja u metalurgiji, pojedini delovi alatnih mašina, delovi železničke opreme (skretnice, pogonski točkovi od čeličnog liva idr.), radna kola hidrauličnih i gasnih turbina, burgije za bušenje naftnih izvora, delovi opreme za peskarenje itd.

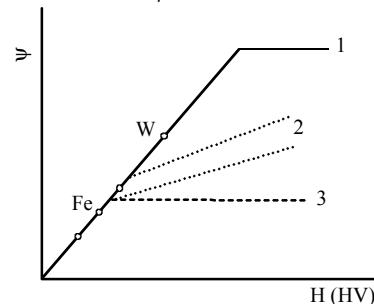
Prema uzajamnoj interakciji materijala razlikuju se dva osnovna modela habanja. Prvi model odnosi se na interakciju dva tela, tj. čestica i radne površine (sl. 1a). Tipični primer je habanje delova pri obradi zemlje, vadjanju ruda i sl. Drugi slučaj (sl. 1b) je habanje česticama, koje se nalaze između dve radne površine tako da u stvari nastaje interakcija tri tela. U praksi se ovaj vid habanja sreće u raznim vrstama ležajeva u koje mogu dospeti spoljašnje čestice, kao i pri mlevenju mineralnih i drugih materija.



Slika 1. Osnovni modeli abrazivnog habanja: a) interakcija dva tela, b) interakcija tri tela [1]

Eksperimentalnim istraživanjima ustanovljene su određene zavisnosti otpornosti na abrazivno habanje, od mehaničkih osobina metala [1, 2, 8]. Stoga se na osnovu

nekim mehaničkih osobina, pre svega tvrdoće, može predvideti ponašanje metala prema habanju. Dubina prodiranja stranih čestica je direktno srazmerna tvrdoći površinskih slojeva. Grafički prikaz zavisnosti relativne otpornosti na abrazivno habanje od tvrdoće (sl. 2) proistekao je kao rezultat brojnih eksperimenata [1]. Iz tog grafika proističe, da između otpornosti na habanje čistih metala pri abrazivnom habanju (ψ) i njihove tvrdoće (H) postoji linearna zavisnost $\psi = b \cdot H$, gde je b konstanta.



Slika 2. Zavisnost relativne otpornosti na habanje od tvrdoće: 1- čisti metali, 2- termički obradjeni čelici, 3- čelici ojačani na hladno [1]

Ispitivanja na habanje termički neobradjenih čelika [1, 8] 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.

Deformaciono ojačani čisti metali i čelici dostižu određenu otpornost na habanje (prava 3, sl. 2), koja ostaje konstantna, tj. nezavisna od daljeg porasta tvrdoće. Ova se pojava može objasniti time što se pri odvajanju čestice postiže granično ojačanje, koje plastičnom deformacijom može nastati.

Navedeni rezultati odnose se na slučajeve kad je tvrdoća abraziva znatno veća od tvrdoće ispitivanog materijala. Većina autora [1, 2, 3, 8] se slaže u konstataciji da otpornost na abrazivno habanje legura iste tvrdoće može biti različita, zavisno od hemijskog sastava i strukture legure. Drugim rečima, ta otpornost zavisi ne samo od tvrdoće, već i od oblika, veličine i rasporeda 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 [1, 8]. Ovi različiti stavovi proizilaze iz raznorodnosti abrazivnog habanja i široke skale stvarnih radnih uslova [13].

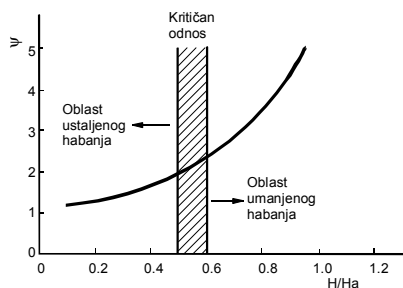
Svaka strukturna komponenta čelika utiče na nivo otpornosti na habanje srazmerno svojoj tvrdoći i relativnom udelu u strukturi. Abrazivno habanje uslovljeno je pre svega mogućnošću utiskivanja abraziva u površinske slojeve čelika i zatim čvrstinom veze strukturnih komponenata na granicama metalnih zrna. 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 lakše čupaju karbid iz martenzitne matrice nego iz austenitne osnove [1, 13].

Kod legura gvozdja 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. Pri legiranju treba računati ne sa apsolutnim sadržajem legirajućih elemenata, već sa odnosom M/C, koji karakteriše njihovu raspodelu između 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 višestrukum legiranju menja se optimalni odnos M/C [1]. Osim tipa stvorenih karbida važan je i njihov relativan udeo, kao i oblik i veličina. Porastom udela karbida do određenog procenta raste i njihova otpornost na abrazivno habanje. Optimalan udeo karbida je različit za razne strukture [13].

Promena eksploatacionih uslova dovodi do promene intenziteta i mehanizma abrazivnog habanja. Ovi se uslovi odnose na osobine abraziva, oblik i veličinu čestica, način povezivanja, specifični pritisak na kontaktnim površinama, relativnu brzinu klizanja, dužinu putanje, vlažnost i hemijsku agresivnost radne sredine, i dr.

Oštećenje metala (ogrebotine, risovanje) abrazivnim zrnom nastaje 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 [1] se došlo do zaključka da se abrazivnost povećava sa porastom dimenzija abrazivnih čestica. Granične dimenzije tih čestica različite su za razne metale (za čelike oko 100 μm , a za neželjezne metale 120-150 μm). Takodje, jedna od najvažnijih karakteristika jeste odnos $k = H/H_a$, gde je H - tvrdoća osnovnog metala, a H_a - tvrdoća abraziva. Otpornost čelika na habanje znatno raste, kad koeficijent k postane veći od 0.5 - 0.6 (sl. 3).



Slika 3. Odnos između relativne tvrdoće abraziva i habajućeg materijala i relativnog otpora na habanje [1]

Od ostalih eksploatacionih karakteristika treba pomeniti uticaj dužine putanje habanja, specifičnog pritiska, relativne vlažnosti i hemijskih komponenta radne sredine.

4. MATERIJALI OTPORNI NA ABRAZIVNO HABANJE

Pri izboru dodatnih materijala za navarivanje otpornih na abrazivno habanje, kako je napred 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.).

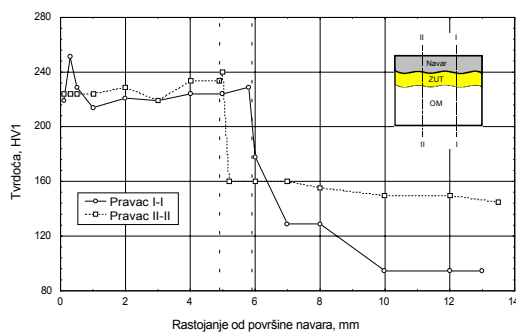
Na udarno abrazivno habanje najotporniji je manganski austenitni čelik, tzv. Hadfieldov čelik, koji sadrži 1.2% C i 13% Mn, ponekad i još 1% Cr (Č 3160) [6, 7, 11, 12]. Predmeti otporni na abrazivno habanje, izradjeni od manganskog austenitnog čelika ili čeličnog liva (npr. delovi drobilica, gusenice vozila i sl.), repariraju se bazičnom manganskom elektrodom. Navar austenitnih manganskih elektroda nema u početku veliku tvrdoću, već ona raste u toku deformisanja, sve do postizanja maksimalne vrednosti. Potrebna hladna deformacija uglavnom nastaje u toku rada dela usled udarnih opterećenja. Navari delova koji nisu izloženi udarnim opterećenjima moraju se iskivati na hladno.

Sasvim je drukčiji problem izbora dodatnih materijala namenjenih za navarivanje delova koji rade u uslovima habanja rasutim materijalima. U ovom slučaju delovi se izradjuju od niskolegiranih čelika za poboljšanje, alatnih ledeburitnih čelika i odlivaka dobijenih odbeljivanjem u školjkama.

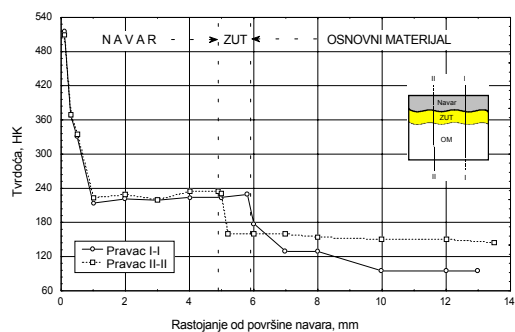
Budući da se najveći broj mašinskih delova povlači iz eksploatacije iz razloga habanja i korozije, u literaturi se mogu naći dijagrami koji olakšavaju izbor legura za navarivanje prema dominantnoj vrsti habanja [4, 5].

5. EKSPERIMENTALNA PROVERA DODATNIH MATERIJALA OTPORNIH NA ABRAZIVNO HABANJE

Za delove koji rade u uslovima udarnog habanja, pored gore navedenog čelika (Č 3160) koristi se i čelik legiran azotom (1% C, 10% Mn, N), koji ima veći napon tečenja od klasičnog Hadfieldovog čelika. Tvrdoća ovih legura posle navarivanja je $\approx 200-220 \text{ HV1}$ (sl. 4a), a struktura im je austenitna (sl. 5a). Posle dejstva lokalnog udarnog opterećenja tvrdoća raste do oko 515 HK usled transformacije austenita u martenzit u pripovršinskim slojevima (sl. 4b).



a) pre deformacije



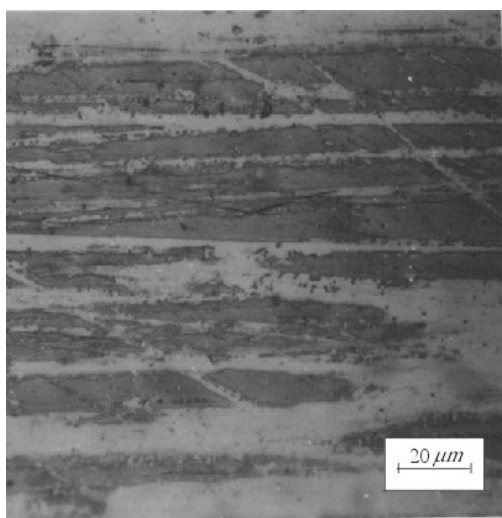
b) после деформације

Slika 4. Promena tvrdoće navara Hadfieldovog čelika

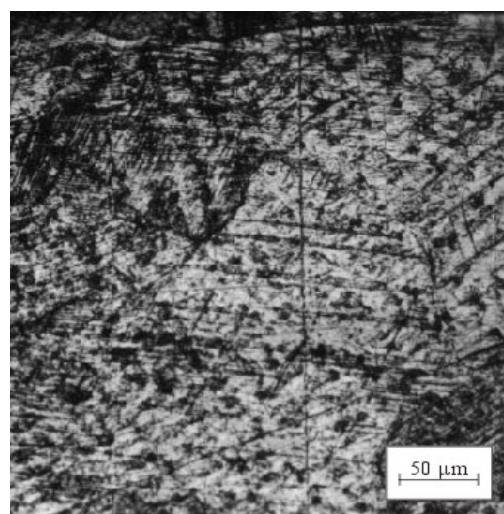
Ako se navar izloži dejstvu mirnog pritiska na presi (1500-2000 *daN*) ili udarnom pritisku (iskivanju) može se ustanoviti porast tvrdoće u površinskim slojevima (sl. 4b) i promena mikrostrukture-u strukturi se pojavljuje i martenzit (sl. 5b). I pored izvesnih teškoća pri merenju tvrdoće i očitavanju mikrostrukture, uspeli smo da ustanovimo širinu transformisane zone (oko 0.5 *mm*) i snimimo transformisanu strukturu (iglice martenzita u austenitnom znu). Ovi podaci mogu biti od posebnog značaja pri primeni u realnim eksploatacionim uslovima [6].

ivica). Legure za navarivanje sa većim sadržajem ugljenika i karbidotvornih elemenata nije preporučljivo nanositi u debljinama većim od nekoliko milimetara jer bi navari prskali i ljuštili se, naročito u uslovima udarnih opterećenja i termičkog zamora.

Dobru otpornost na abrazivno habanje, prema našim istraživanjima, pokazuje navar izveden visokolegiranom rutilnom elektrodom EL E 650 R [14]. Ovi navari imaju veliku otpornost na habanje rasutim materijalima, a podnose i osrednje udarno opterećenje. Eksperimenti su



a) pre deformacije

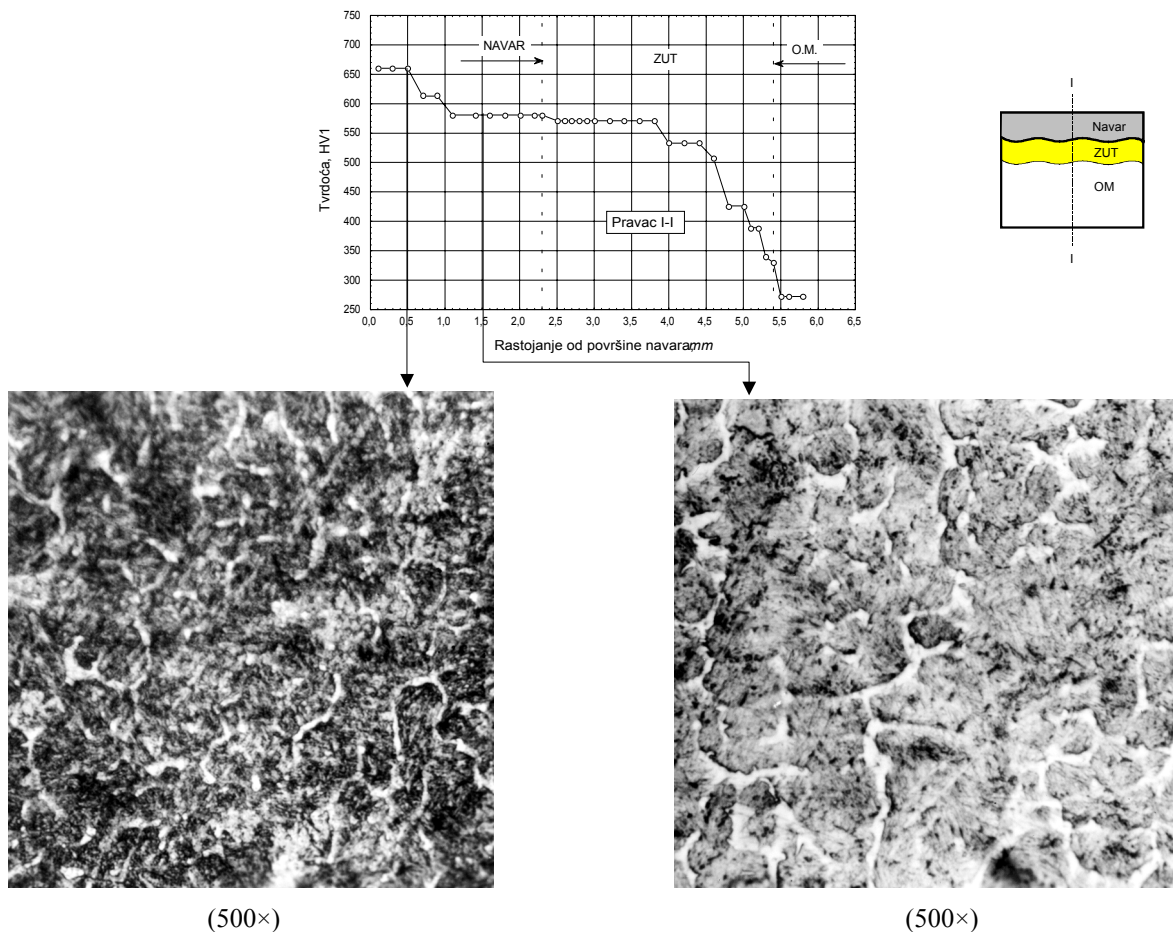


b) после деформације

Slika 5. Mikrostruktura navara; (O.M.- Č1220; D.M.-CITOMANGAN)

Abrazivno habanje rasutim materijalima je utoliko manje ukoliko je veća tvrdoća radne površine izložene habanju. Pri tome, treba imati u vidu da, porast tvrdoće izaziva pad žilavosti što može biti nepovoljno u slučaju iznenadnog udarnog opterećenja (npr. kod mašina za zemljane radove). Zato je bilo neophodno razviti materijale koji osim visoke tvrdoće i velike jačine imaju i zadovoljavajuću žilavost. Veliku otpornost protiv abrazivnog habanja reznih delova mašina za zemljane radove na površinskim kopovima, pokazuju navari sa visokim sadržajem ugljenika (do 5%) i hroma (do 32%) i često drugih elemenata (npr. 8% Mn) raznih količina i kombinacija [8, 9]. Ove navare opravdano je naneti samo u slučajevima, kada treba povećati lokalnu otpornost na abrazivno habanje radnih površina odnosno oštrica (reznih

izvodjeni kako na modelima, tako i na realnim delovima navarenim u jednom i dva sloja. Dobijeni rezultati pokazuju da vek ovako navarenih delova višestruko nadmašuje vek novih nenavarenih delova. Raspodela tvrdoće karakterističnih zona navara i mikrostruktura jednoslojnog navara data je slici 6.



Slika 6. Raspodela tvrdoće i mikrostruktura navara (martenzit sa izlučenim karbidima po granicama zrna)

6. ZAKLJUČAK

Iz aspekta otpornosti na habanje najpre je objašnjen fenomen abrazije, a zatim eksperimentalno ispitivana otpornost na habanje navara ostvarenih manganskom i rutilnom visokolegiranim elektrodom. Merenja su pokazala da je dubina površinskog sloja otvrdnutog sukcesivnim transformacijama austenita u martenzit oko 0.5 mm. Takođe je ukazano na tehnološke probleme navarivanja specijalnim elektrodama čiji su navari otporni na abrazivno habanje rasutim materijalima.

Literatura

- [1] Blašković, P., Balla, J., Dzimko, M.: Tribologia, Vydavatelstvo, ALFA, Bratislava, 1990.
- [2] Ivković, B.: Osnovi tribologije u industriji prerade metala, IRO "Gradjevinska knjiga", Beograd, 1983.
- [3] Ivković, B., Rac, A.: Tribologija, Jugoslovensko društvo za tribologiju, Kragujevac, 1995.
- [4] Dumović, M.: Izbor i primena legura za tvrdo navarivanje, Zavarivanje i zavarene konstrukcije, 42(3), 1997., Beograd, str. 233-236.
- [5] The Lincoln Electric: Cored wires add life to caster rolls, Welding Journal, 75(6), 1996., pp. 55-57.
- [6] Lazić, V.: Optimizacija procesa navarivanja sa aspekta triboloških karakteristika navara i zaostalih napona, doktorska disertacija, Mašinski fakultet, 2001., Kragujevac.
- [7] Djordjević, V.: Mašinski materijali - prvi deo, Mašinski fakultet, Beograd, 1999.
- [8] Beneš, V., Macek, K., Zilvar, V., Zuna, P.: Nauka o

- materialu II, Edični stredisko ČVUT, Praha 6, 1989.
- [9] Grupa autora: Poradnik inženjera-Spawalnictwo II, WNT, Warszawa, 1983.
- [10] Dzubinski, J., Klimpel, A.: Napawanie i natrykiwanie cieplne, Wydawnictwa Naukowo - Techniczne, Warszawa, 1985.
- [11] Grupa autora: Encyklopedia techniki - metalurgia, Wydawnictwo "Slask", Katowice, 1978.
- [12] Metals Handbook: Metallography, structures and phase diagrams, ASM, vol. 8, Metals Park Ohio, USA, 1973.
- [13] V., Lazić i drugi: Ocena materijala za navarivanje delova izloženih udarnom abrazivnom habanju, YUTRIB '01, Beograd, 2001.
- [14] Katalozi: Thyssen Marathon Edelmetall - Vosendorf, FEP-Plužine, Elvaco-Bijeljina, Železarna Jesenice-Fiprom, Bohler-Kapfenberg, Messer Griesheim-Frankfurt am Main, Esab-Göteborg, Lincoln Electric, USA, Atlas zur Wärmebehandlung der Stähle.

ESTIMATION OF WEAR RESISTANCE OF THE HARD-FACED LAYERS REALIZED BY MANGANESE ELECTRODE

Vukić Lazić, Milorad Jovanović, Nada Ratković,
Dragan Adamović, Radun Vulović

***Abstract** - In this paper are considered the fundamental types of wear of working surfaces of different 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 re-generation of working surfaces. Experimental part of this paper is related to hard facing of manganese - Hadfield steel and a special alloy onto the low carbon steel. Due to decrease of replacement costs, namely increase of working life of certain vital parts and assemblies, it is of primary importance to select the adequate procedure and prescribe the optimum hard facing technology. The way in which this is done is partly pointed at by results of this work. The essence of optimization is to choose such procedures, filler metals, hard-facing parameters and thermal treatment, in order to obtain the best output characteristics of the hard faced layer.

Key words: surfacing, abrasive wear, manganese - Hadfield steel, railroad point

TRIBOLOŠKI ASPEKT DIZAJNIRANJA LEŽAJA OD RAR LEGURA

Rato Ninković¹, Miroslav Babić²

Cink-Aluminijumske legure, koje su kod nas poznate pod trgovačkim nazivom SRPSKA BRONZA RAR 12 i RA 27, koriste se kao jeftiniji materijal za zamena bronzni kod ležaja različite namene. Poboljšana otpornost na habanje i nepostojanje negativnih efekata na okruženje su dva najbitnija razloga za primenu ležaja od RAR legura.

U radu je prezentirana tribološka podloga za projektovanje ležaja od cink-aluminijumskih legura RAR 12 i RAR 27 za teške uslove eksploatacije - velika opterećenja i male brzine klizanja. Tribološki kriterijumi za izbor legure uključuju proces livenja, režim podmazivanja, tvrdoću i hrapavost rukavca, zatore, brzinu i opterećenje, radnu temperaturu i stepen habanja.

Ključne reči - železnica, tribologija, klizni ležaj

1. UVOD

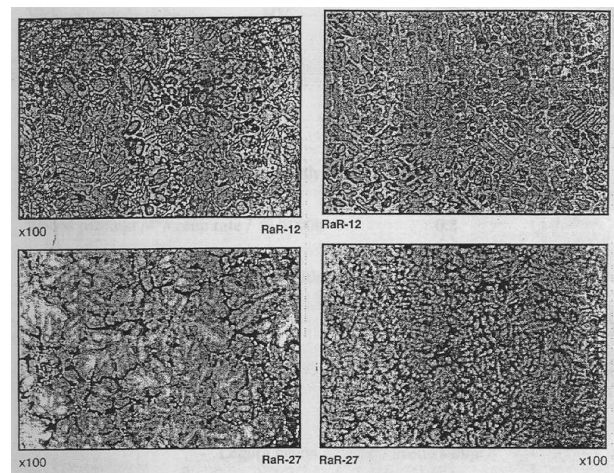
RAR familija legura, odnosno legure RAR 12 i RAR 27, koriste se za različite namene, a najčešće kao tribološki materijali u tribomehaničkim sistemima. Na bazi dugogodišnjih istraživanja stranih i domaćih istraživača [1 – 10] pouzdano je utvrđeno da cink - aluminijumske legure predstavljaju napredan materijal veoma pogodan za izradu kliznih ležajeva za otežane uslove rada koje karakterišu velika kontaktna opterećenja, relativno male brzine klizanja i režim graničnog podmazivanja.

Istraživanja su vršena na sistemima za tribološko modeliranje kliznog ležaja u praksi najčešće korišćeni sistem "pin on disk" i "blok na prstenu" posle čega su na osnovu dobijenih rezultata urađeni svi potrebni dijagrami i druge informacije potrebne za projektovanje to jest dizajniranje kliznog ležaja. Eksperimentalni postupci koji su korišćeni kod ovih eksperimenata opisani su detaljno u ranijim radovima a za potrebe ovog rada koristimo samo onaj deo koji je neophodan za projektovanje.

2. OSNOVNE STRUKTURNE I FIZIČKO - MEHANIČKE KARAKTERISTIKE RAR LEGURA

Mikrostruktura legura (slika 1) se sastoji od dendrita bogatih na aluminijum (alfa faza kod RAR-27 i beta faza kod RAR-12), između kojih je izlučen eutektikum, različitog sastava, ali koji se sastoji od alfa i eta faze (bogatije cinkom). Čestice epsilon faze (CuZn₄) su raspoređene u eutektikumu.

Fizičke osobine legura RAR-12 i RAR-27 date su u tabeli 1. Ako se uporede RAR - legure sa drugim legurama, vidi se da su one znatno lakše od bronzne, sivog i temper liva. Temperature topljenja RAR - legura u poredjenju sa drugim legurama ukazuje na uštede u energiji koje se ostvaruju prilikom izrade ovih legura.



Slika 1. Mikrostruktura RAR legura

Tabela 1. Fizičke karakteristike RAR legura

| | Jedinica | RAR-12 | RAR-27 |
|-----------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| Gustina | kg/m ³ | 6030 | 5000 |
| Oblast topljenja | C | 377-432 | 375-484 |
| Koeficijent lin. izduženja | m/mK | 24x10 ⁻⁶ | 26x10 ⁻⁶ |
| Električna provodljivost | % IACS | 28.3 | 29.7 |
| Toplotna provodljivost | W/mK | 116 | 125.5 |
| Specifična toplota | J/kgK | 450 | 525 |
| Latentna toplota topljenja | kJ/kg | 118 | 128 |
| Skupljanje pri očvršćavanju | % | 1-1.3 | oko 1.3 |

U tabeli 2 date su najkarakterističnije i najneophodnije mehaničke osobine potrebne za projektovanje, to jest dizajniranje kliznih ležajeva od cink-aluminijumskih legura. Pošto smo u zadnjih deset godina najčešće vršili supstitucije materijala to jest klasične bakarne legure (olovokalajne bronzne) menjali RAR legurama dobro je da se tabela dopuni karakteristikama postojećeg materijala.

¹ Mr Rato Ninković, dipl. ing., "RAR" Batajnica, Bosanske krajine 22, e-mail: rato@eunet.yu

² Dr Miroslav Babić, red. profesor, Mašinski fakultet, S. Janjić 6, Kragujevac, e-mail: babic@knez.uis.kg.ac.yu

Tabela 2. Mehaničke karakteristike RAR legura

| Liveno u kokili /liveno stanje/ | | | |
|---|----------|------------------|------------------|
| | Jedinica | RAR-12 | RAR-27 |
| Zatezna čvrstoća | MPa | 262-345 | 358-455 |
| Granica popuštanja pri 0.2% deformacije | MPa | 210-275 | 312-393 |
| Izduženje na 5.08 cm | % | 1.50-2.50 | 2.00-6.00 |
| Young-ov modul | MPa | 83×10^3 | 79×10^3 |
| Brinell tvrdoća | HB | 94 | 115 |
| Vickers tvrdoća | HV | 105-115 | 144-148 |
| Čvrstoća na smicanje | MPa | 250 | 285 |
| Pritisna čvrstoća pri 0.1 % deformacije | MPa | 228-241 | 330 |
| Brzina puzanja | %/1000 h | 0.2 | |
| Energija loma | J | | |
| Poisson-ov odnos | | 0.30-0.31 | 0.32-0.33 |

3. TRIBOLOŠKE KARAKTERISTIKE RAR LEGURA

U uvodu ovoga rada konstatovali smo da su u prethodnim radovima dati detaljni izveštaji oko metode rada, eksperimenta kao i izveštaja rezultata. Utvrđeno je da RAR 27 pokazuje najbolje ukupne performanse sa gledišta stepena habanja u poređenju sa svim drugim legurama cinka i bakra. Za dizajniranje kliznih ležajeva preporučeni su sledeći dijagrami:

- Stribekove krive (trenje u odnosu na radne uslove ležaja)
- Pritisak - Brzina (PV) krive
- Krive stepena habanja
- Krive temperature

Dijagrami za projektovanje su univerzalni i mogu da se primene na ležaje i manjih i većih dimenzija kao i za rukavce različitih tvrdoća .

a) Stribekove krive

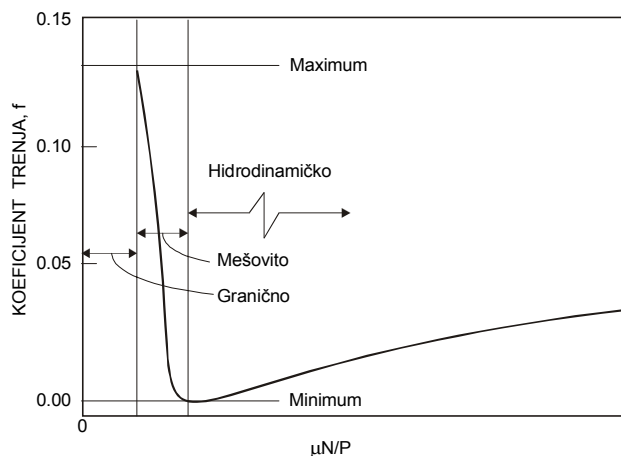
Na osnovu eksperimenta utvrđeno je da legura RAR 27 može da podnese veća opterećenja i manje brzine nego legura RAR 12.

Međutim, ograničavajući faktor je tvrdoća rukavca. Tvrdi rukavci daju bolje rezultate sa legurom RAR 27, dok mekši rukavci daju bolje rezultate sa legurom RAR 12. Performanse RAR 27 opadaju značajno kada se koristi u kombinaciji sa mekšom osovinom, dok je obrnut slučaj kod RAR 12. U cilju dobijanja optimalnih performansi prava kombinacija rukavca i legure ležaja je bitna pri projektovanju ležaja.

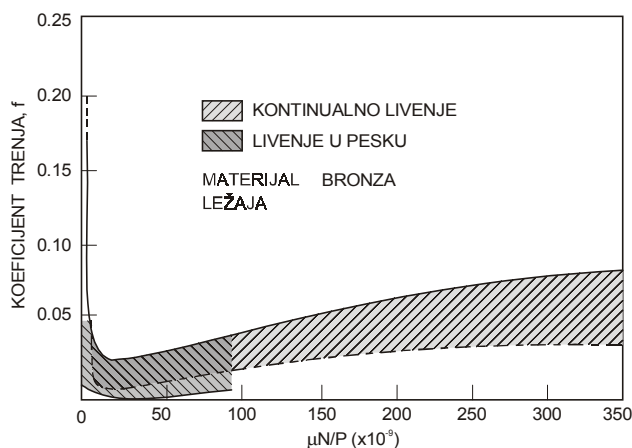
Osim tipa legure na tribološka svojstva cink-aluminijumskih legura znatan uticaj ima i način livenja. Odnos Stribekovih krivih za RAR 27 kontinualno liven i liven u pesku dat je na slici 3.

b) PV krive

PV krive su najpoznatije od svih krivih za projektovanje ležaja i pomažu da se obradi maksimalno opterećenje koje bilo koji ležaj može da podnese pri zadatim radnim brzinama.



Slika 2. Opšti oblik Stribekove krive

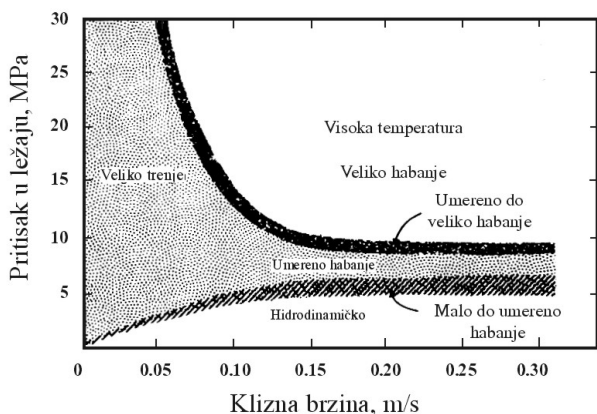


Slika 3. Stribekove krive za RAR 27 liven u pesku i kontinualno liven

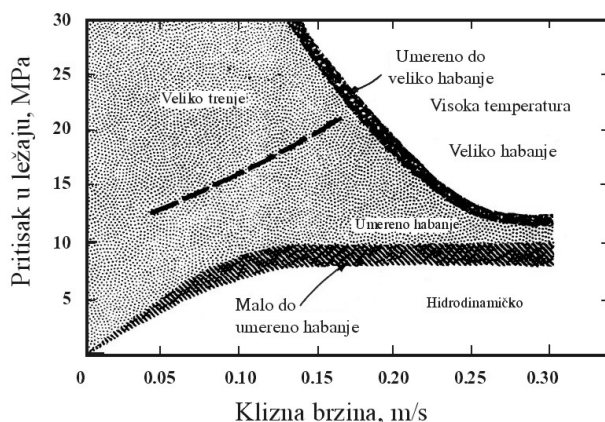
Krive se predstavljaju promenu jediničnog pritiska ležaja u funkciji klizne brzine. Svaka kriva može da pomogne da se približno razdvoje, područja koja odgovaraju velikom trenju, visokoj radnoj temperaturi i relativnom stepenu habanja (nizak, srednji ili visok).

Polozicija specifičnih granica između različitih područja zavisi od stanja rukavca i prikazane su kao rasponi koji daju sliku normalnih razlika u performansama ležaja. Na primer, smanjenje hrapavosti rukavca pomera i hidrodinamičku granicu i moć nošenja ka većim pritiscima, pod kojima ležaj radi i manjim brzinama.

PV krive prikazane na slikama 4 i 5 odnose se na kombinacije RAR 12/meki rukavac i RAR 27/tvrđi rukavac. Kriva moći nošenja koja definiše hidrodinamičko-umereno habanje su pomerene ka većim pritiscima kod RAR 27. Moć nošenja i RAR 12 i RAR 27 liveni u pesku je iznad one koje se dobijaju drugim metodama livenja a razlog ovo leži u povećanoj otpornosti na puzanje ležaja liveni u pesku .



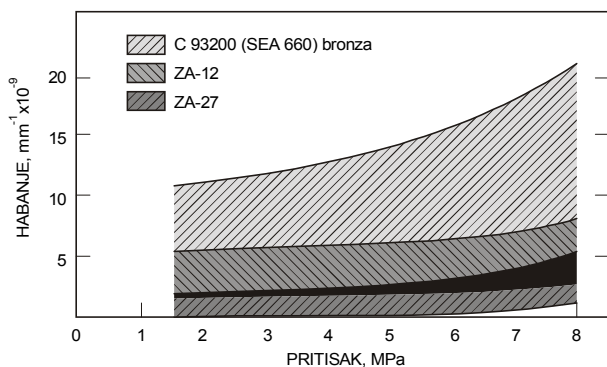
Slika 4. PV kriva za RAR 12



Slika 5. PV kriva za RAR 27

c) Krive habanja

Vrednosti stepena habanja za RAR legure kao i za olovo kalajne bronzе prikazan je na slici 6.



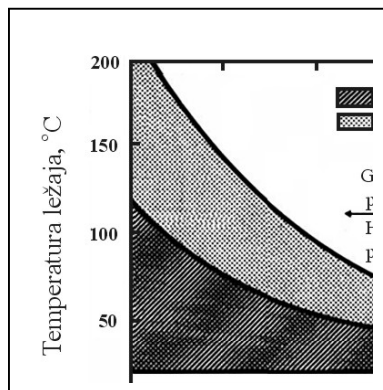
Slika 6. Habanje u funkciji pritiska

Ovaj dijagram je univerzalan za sve kombinacije ležaja i rukavca. Povećanje tvrdoće rukavca, hrapavosti i brzine daje veći stepen habanja u prikazanim rasponima. Habanje je mereno kao smanjenje debljine zida ili dubine habanja u funkciji puta klizanja. Razlika u stepenu habanja je mala između RAR 12 i RAR 27 dok je kod bronzе veća pri istim radnim uslovima.

Povećanje tvrdoće rukavca obezbeđuje poboljšanu otpornost na habanje kada se koristi RAR 27, ali je obrnut slučaj kada se koristi RAR 12. Razlike u stepenu habanja do deset puta zabeležene su za RAR 12 kada se kombinuje sa tvrdim rukavcem u odnosu na kombinaciju sa mekim rukavcem. Hrapavost rukavca je takođe izuzetno važna promenljiva pa se preporučuje hrapavost rukavca oko 0,4 mikrometara.

d) Krive temperature

Dijagrami na slici 7 mogu da se koriste za određivanje očekivane radne temperature ležaja u pritiska i brzine klizanja ležaja .



Slika 7. Temperatura ležaja u funkciji radnih uslova

Bilo koja kombinacija brzine i pritiska može da se očekivana radna temperatura. Zbog visoke toplote provodljivosti RAR legure kombinovane sa manjim trenjem radna temperatura može biti upola manja nego kod klasičnih bakarnih legura.

4. DRUGI PARAMETRI ZA PROJEKTOVANJE

Ako vršimo supstituciju bronzе RAR legurom gde je geometrija već definisana ili projektujemo novi ležaj pa na bazi projektnih krivih utvrdi konstrukcija ležaja treba obratiti pažnju i na druge parametre za projektovanje. To uključuje izbor zazora, razmatranje podmazivanja i mogućnost nestanka maziva, izbor debljine zida ležaja, razmatranje zahteva za prilagodljivost i sposobnost apsorpcije nečistoća kao i aspekt korozije .

5. ZAKLJUČAK

Računski primer nije urađen radi dužine teksta ali se zainteresovani inženjeri mogu obratiti autoru za pomoć. Utvrđeni nivo triboloških karakteristika daje potpunu slobodu projektantima da RAR legure mogu da dizajniraju sa velikim stepenom sigurnosti za oštre režime rada i u železnici. Sva poređenja kad se radi o olovo kalajnim bronzama ili kalajnim bronzama sa RAR legurama posle dvanest godina istraživačkog rada ukazuje na prednos RAR legura tako da u narednim radovima nećemo se baviti poređenjima već samo rezultatima RAR legura.

LITERATURA

- [1] Barnhurst R.J., Designing Zinc Alloy Bearings, Mater. Eng. (1999) 12, 279 – 285
- [2] Babić M., Ninković R., Rac A., ZnAl legura RAR 27 - iskustva iz istraživanja i održavanja tehničkih sistema, YUMO 2002.
- [3] Goodwin F., Ponikvar A., Engineering properties of zinc alloys, Third edition, ILZRO, 1989.
- [4] Calayag T.S., The practicality of using Zinc-Aluminium alloys for friction-type bearings, 25th Annual Conference of Metallurgists, 1986., 305-313.
- [5] Ninković R., Babić M., Rac A., Yugoslav Zn-Al Alloys as a Bearing Material, Tribology in Industry, Vo. 22, No ½, 2000.
- [6] Rac A., Nikcevic V., Ninković R., Tribological Study of Zinc-Aluminum Alloys as Bearing Materials, INSYCONT 98, Cracow
- [7] Rac A., Babic M., Ninkovic R., Theory and practice of Zn-Al sliding bearings, BALKANTRIB'99, Romania, 1999.
- [8] Risdon T.J., Barnhurst R.J., Comparative Wear rate evaluation of Zinc Aluminum (ZA) and bronze alloys through block on ring testing and field application, SAE Technical paper series 860064
- [9] Savaskan T., Murphy S., Comparative wear behavior of Zn-Al -based alloys in an automotive engine application, Wear, 98, 1984, 151-161
- [10] Savaskan T., Murphy S., Mechanical properties and lubricated wear of ZnAl - based alloys, Wear, 116, 1987, 211-224

TRIBOLOGICAL ASPECT OF RAR NC ALLOY BEARINGS DESIGNING

Rato Ninković, Miroslav Babić

Abstract – *The RAR zinc-aluminum alloys are capable of being used as replacements for bronze alloys in a variety of bearing applications, often at lower cost. Improved wear resistance and lack of environmental impact are two critical reasons for conversion to RAR alloy bearings.*

The tribological aspect of cast RAR zinc-aluminum alloy bearings for low speed and high load applications is discussed. Selection criteria include alloy type, casting process, lubrication regime, journal hardness and roughness, clearances, speed and load, running temperature, and wear rate.

Key words – *Zinc-aluminum alloys, bearings designing*

PROGRAMSKI SISTEM "MULTIRED" I PRIMENA NA ANALIZI HABANJA EVOLVENTNOG OZUBLJENJA

Miodrag Velimirović¹, Aleksandar Vulić²

Rezime: Razvijeni programski paketi za projektovanje zupčastih prenosnika su nefleksibilni u odnosu na korisnika. Za svaku novoformiranu koncepciju prenosnika zahtevaju znatnu dogradnju programa. Radi rešavanja navedenih problema pristupilo se integrisanju niza parcijalnih programa i datoteka u jedan programski sistem. U radu je dat opis programskog sistema "MULTIRED" i moguće primene. Prikazan je razvijeni model habanja na bokovima spregnutih zubaca. Analizirani su procesi na radnim površinama zuba, počev od ulaza zuba u zahvat do njegovog izlaza iz sprege.

Ključne reči: zupčasti prenosnici, evolventno ozubljenje, proces habanja

1. UVOD

Za proračune vitalnih elemenata zupčastih prenosnika razvijen je veći broj programa. Ovi programi se mogu koristiti za proračune elemenata nezavisno od strukture prenosnika, ali je za njihovo objedinjavanje, povezivanje i unos podataka neophodno razvijati zasebne programe za svaku koncepciju prenosnika. Radi rešavanja problema pristupilo se povezivanju programskih modula i razvoju programskog sistema za projektovanje zupčastih prenosnika snage. Osnovni zahtevi su da sistem omogući:

- Projektovanje prenosnika opšte i specijalne namene.
- Simultano i automatizovano projektovanje prenosnika.
- Parcijalno korišćenje pojedinačnih programskih modula
- Rad sa minimalnim brojem ulaznih podataka.
- Efikasnu selekciju i izbor materijala, alata, ulja, ležajeva i ostalih standardnih elemenata prenosnika.
- Uvid u rezultate proračuna i pristup podacima u toku izvršenja programa.
- Neposredno korišćenje izlaznih rezultata.
- Parcijalnu izmenu programa i jednostavnu dopunu baza podataka u toku razvoja sistema.

Navedeni zahtevi realizovani su povezivanjem programskih paketa u jedan sistem sa centralnom bazom podataka.

2. OPIS PROGRAMSKOG SISTEMA

Za svaku koncepciju prenosnika formirana je baza formalnog opisa sistema, koja definiše elemente sistema i relacije između elemenata, (relativne položaje elemenata, kinematske veze itd). Tako se rezultati proračuna jednog programskog modula mogu koristiti kao ulazni podaci drugog modula nezavisno od odabrane koncepcije prenosnika i omogućuju automatizovano projektovanje zupčastih prenosnika snage. Programski sistem se efikasno može koristiti za projektovanje mehaničkih prenosnika, provere već realizovanih konstrukcija i potrebne proračune

pri reparaciji mašinskih elemenata i sklopova.

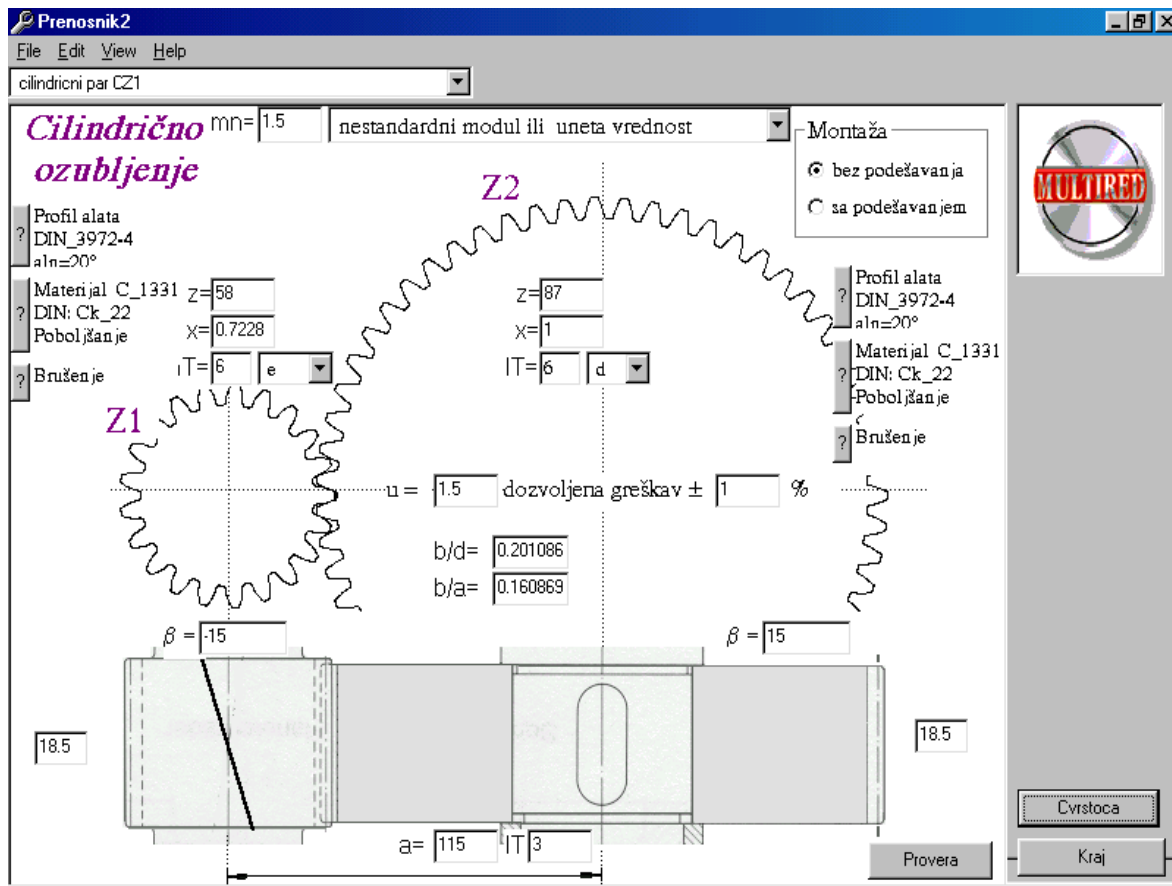
Kao sklop jednog programskog sistema uz mogućnost parcijalnog korišćenja razvijeni su i u praksi verifikovani odgovarajući paketi programa. Programski sistem sastavljen je iz sledećih programskih celina:

PPR-Predprocesor ima zadatak da vrši unos i kontrolu podataka i poveže programske module radi realizacije potrebnih proračuna. Predprocesor aktivira podprograme za proračun delova koji su u datoj varijanti prenosnika predviđeni. Takođe vrši selekciju tehnologije izrade, materijala i standardnih elemenata prenosnika. Omogućen je jednostavan izbor vrste proračuna a na osnovu toga unos minimalnog broja potrebnih podataka. Programski moduli međusobno su povezani tako da se rezultati proračuna jednog modula koriste kao ulazni podaci drugog modula. Podaci o prenosniku se stalno inoviraju i odgovarajućim iteracionim koracima dovode na viši nivo. Na sl. 1 dat je izgled forme za unos osnovnih ulaznih podataka.

KONC-Ovaj modul vrši primarnu selekciju mogućih konceptijskih rešenja prema definisanim režimima i uslovima eksploatacije prenosnika. Iz skupa varijantnih rešenja smeštenih u bazi daje preporuku za izbor najpovoljnije koncepcije. Na osnovu podataka o prenosniku dobijenih u okviru prve faze procesa projektovanja u komunikaciji sa bazom podataka vrši izbor jedne ili više varijanti prenosnika. Konačnu odluku o izboru koncepcije prenosnika donosi korisnik na osnovu dobijenih relevantnih podataka u dijalogu sa računarnom. Pri tome se u ovoj fazi dobiveni podaci o prenosniku uz odgovarajuću proveru i dopunu smeštaju u bazu podataka. Međutim ukoliko nijedan od ovih već definisanih varijanti prenosnika ne zadovoljava zahteve pristupa se koncipiranju "novog" rešenja. Tada se koristi deo baze podataka sa podacima o elementima prenosnika. Programski sistem, na osnovu definisanih zahteva vrši komponovanje elemenata i daje predlog mogućih koncepcija prenosnika. Neophodna je, za sada, intervencija korisnika i unos dodatnih podataka da bi se ovde formirana koncepcija prenela u bazu.

¹ mr Miodrag Velimirović dipl.maš.inž. MF Niš, Beogradska 14, Niš, e-mail m_velimirovic@yahoo.com

² dr Aleksandar Vulić dipl.maš.inž. MF Niš, Beogradska 14, Niš, e-mail vulic@masfak.ni.ac.yu



sl 1. Izgled forme za unos osnovnih ulaznih podataka

OPT-Programski modul za analizu sprovedenih proračuna, selekciju rešenja i optimizaciju. Prema zahtevu korisnika vrši se delimična ili potpuna optimizacija elemenata prenosnika za zadatu funkciju cilja i zadata ograničenja. Pri tome se stalnom komunikacijom sa bazom podataka posle svakog ciklusa proračuna vrši inovacija i dopuna postojećih podataka o prenosniku.

PROR-Programski paket koji sadrži programske module za proračun elemenata prenosnika. U okviru ovih modula moguća je optimizacija ali samo onih parametara koji nemaju uticaja na ostale elemente sistema za prenos snage. Program sadrži programske module za proračun elemenata prenosnika koji se aktiviraju u zavisnosti od vrste odabranog proračuna. Pozivanje programskih modula i sprovođenje potrebnih proračuna ostvaruje predprocesor na osnovu odabrane koncepcije prenosnika. Analogno napred navedenim sistemima razvijeni su i odgovarajući programi za proračun, koji su obuhvaćeni blokom za proračun PROR. Programski blok **PROR** obuhvata sledeće programe:

- **DPP**-program za analizu opterećenja i proračun dinamičkog ponašanja prenosnika;
- **PPS**-program za proračun sistema za prenos snage;
- **SPH**-program za proračun toplotne stabilnosti prenosnika i sistema za podmazivanje;
- **DIJ**-program za projektovanje sistema za dijagnostiku radne ispravnosti.

PPS-U okviru programa PPS nalaze se moduli za proračun elemenata prenosnika u sistemu za prenos snage. Ovaj deo programskog sistema obuhvata sledeće proračune:

- proračun geometrije zupčanika,
- određivanje opterećenja elemenata prenosnika
- proračun nosivosti zupčanika po različitim kriterijumima.
- proračun elastičnih deformacija i čvrstoće vratila,
- proračun ležajeva,
- proračun toplotne stabilnosti prenosnika i sistema za podmazivanje

Programski moduli međusobno su povezani tako da se rezultati proračuna jednog modula koriste kao ulazni podaci drugog modula. Podaci o prenosniku se stalno inoviraju i odgovarajućim iteracionim koracima dovode na viši nivo. Proračun i proces konstruisanja izvodi se preko odgovarajućih upravljačkih funkcija, a korisnik ima stalni pristup podacima, mogućnost intervencije kroz odgovarajući dijalog.

SPH-Proračun toplotne stabilnosti prenosnika i sistema za podmazivanje realizuje se ovim programom. Preko ovog proračuna vrši se određivanje radne temperature prenosnika na osnovu podataka o tokovima energije u prenosniku, kinematskih i geometrijskih parametara elemenata prenosnika, konstruktivnih parametara o načinu uležištenja i zaptivanju, karakteristikama sredstva za podmazivanje i gubitaka toplote kroz kućište, temelj i elemente prenosnika. Ukoliko radna temperatura prekorači granične vrednosti vrši se proračun podsistema za hladjenje.

DIJ-U okviru ovog programa vrši se projektovanje sistema za dijagnostiku radne ispravnosti prenosnika i odgovarajućih sigurnosnih uredjaja.

3. OSNOVNI PROGRAMSKI MODULI

Kao sklop jednog programskog sistema uz mogućnost parcijalnog korišćenja razvijeni su i u praksi verifikovani sledeći paketi programa:

- MOPT-izračunava opterećenja elemenata prenosičnika snage,
- MKCZP-kinematski proračun cilindričnog spoljašnjeg i unutrašnjeg ozubljenja,
- MKKG-kinematski proračune koničnog i hipoidnog KLINGELNBERG ZYKLO-PALLOID-nog ozubljenja,
- MKIOE-kinematski proračune koničnog i hipoidnog OERLIKON SPIROMATIC ozubljenja,
- MKIHR-kinematski proračun koničnog HARBECK ozubljenja,
- KIMGL-kinematski proračun koničnog GLEASON-CONIFLEX ozubljenja,
- MKIPZ-kinematski proračun pužnih parova
- MCCZP-proračun čvrstoće, zaribavanja i habanja cilindričnog ozubljenja,
- MCKZP-proračun čvrstoće, zaribavanja i habanja KONOI^NOG ozubljenja,
- CPMZP-proračun čvrstoće, habanja i toplotne stabilnosti pužnih parova,
- MVR-analiza opterećenja, dimenzionisanje i proračun vratiala, spojeva i elemenata veze
- MLE-izbor i proračun ležajeva,
- MMAT-izbor materijala zupčastih i pužnih parova,
- MUL-izbor maziva za prenosnik,
- MTO-izračunavanja energetskih gubitaka i proračune toplotne stabilnosti prenosičnika,
- MTE-izbor mašine za izradu ozubljenja i proračune tehnoloških parametara,
- DIJC-dijagnosticiranje geometrijskih parametara pohabanih ili oštećenih CILINDRI^NIH zupčastih elemenata,
- DIJK-dijagnosticiranje geometrijskih parametara pohabanih ili oštećenih KONI^NIH zupčastih elemenata,
- DIJP-dijagnosticiranje geometrijskih parametara pohabanih ili oštećenih PUŽNIH parova.

4. KLIZANJE BOKOVA ZUBACA

Proces prenosa snage praćen je kotrljanjem, klizanjem i visokim pritiscima u zoni kontakta. Između radnih površina spregnutih zuba dolazi do trenja, što dovodi do promena temperature ulja i debljine uljnog filma. Kada je debljina uljnog filma manja od hrapavosti dolazi do habanja radnih površina ili kod prenosičnika sa velikim obimnim brzinama do zaribavanja.

Pristupilo se identifikaciji relevantnih geometrijsko-kinematskih karakteristika, karakteristika materijala i maziva, karakteristika opterećenja i uslova eksploatacije. Uspostavljene su relacije između hidrodinamičkih, elastičnih i termičkih procesa u zoni kontakta. Matematički model je razvijen u obliku parametarskih jednačina i prati promenu tanećijalnih brzina, brzina klizanja, specifičnih opterećenja, pritiska, temperatura ulja, temperature zupca, viskoznosti ulja, sila trenja, debljina uljnog filma i istrošenja bokova zuba.

U svim tačkama van kinematskog pola C (Sl.2.), usled nejednakosti komponenti obimnih brzina u pravcu

tangente na bok zupca dolazi do klizanja. Za sračunavanje brzina klizanja, ali kasnije i drugih veličina od uticaja na proces habanja kao osnovni parametri usvojeni su napadni ugavi na bok zupca pogonskog α_{x1} i gonjenog zupčanika α_{x2} . Razmatranja su ograničena na evolventne zupčaste parove, kod kojih normala, na bokove zuba u tački kontakta, tangira osnovne kružnice spregnutih zupčanika poluprečnika r_{b1} i r_{b2} , tako da je:

$$r_{b1} \cdot \tan \alpha_{x1} + r_{b2} \cdot \tan \alpha_{x2} = (r_{b1} + r_{b2}) \cdot \tan \alpha_w \quad /1/$$

Napadni ugao α_{x2} se iz jednačine 1 može izraziti kao:

$$\tan \alpha_{x2} = \frac{1 + u}{u} \cdot \tan \alpha_w - \frac{1}{u} \tan \alpha_{x1} \quad /2/$$

gde su:

r_{x1}, r_{x2} - tekuće koordinate tačke kontakta

r_{b1}, r_{b2} - poluprečnici osnovnih kružnica

α_{x1}, α_{x2} - napadni uglovi na bok zupca

α_w - ugao dodirnice

Jednačine /1/ i /2/ važe i za unutrašnje prezanje stimo sto se prečnici i broj zuba zupčastog venca unose sa negativnim predznakom.

Bokovi zuba su u sprezi duž aktivnog dela dodirnice od tačke A do E (sl.2.) i iz tog uslova je moguće odrediti granične vrednosti napadnih uglova α_{x1} i α_{x2} :

$$\alpha_{x1min} = \alpha_{A1} = a \tan[(1 + u) \cdot \tan \alpha_w - u \cdot \tan \alpha_{a2}] \quad /3/$$

$$\alpha_{x1max} = \alpha_{E1} = \alpha_{a1} \quad /4/$$

gde su:

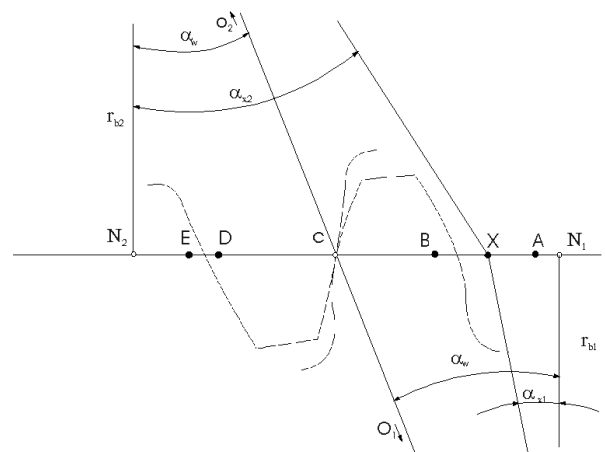
$$u = z_2 / z_1 - \text{prenosni odnos}$$

α_{a1}, α_{a2} - napadni uglovi na vrhu zupca

Granične tačke jednostruke sprege (tačke B i D) su značajne za istraživanje procesa habanja zbog skoka opterećenja u tim tačkama. Skok napona je znatniji kod zupčanika sa nekorigovanim profilom zupca. Napadni uglovi u tačkama B i D se mogu izraziti kao:

$$\alpha_{B1} = a \tan(\tan \alpha_{a1} - \frac{2 \cdot \pi}{z_1}) \quad /5/$$

$$\alpha_{D1} = a \tan[(1 + u) \cdot \tan \alpha_w - u \cdot \tan \alpha_{a2} + \frac{2 \cdot \pi}{z_1}] \quad /6/$$



Sl.2. Sprezanje cilindričnih zupčanika

Komponente obimskih brzina u pravcu tangente na bok zubaca se mogu izraziti kao:

$$V_{tx1} = r_{b1} \cdot \omega_1 \tan \alpha_{x1} \quad /7/$$

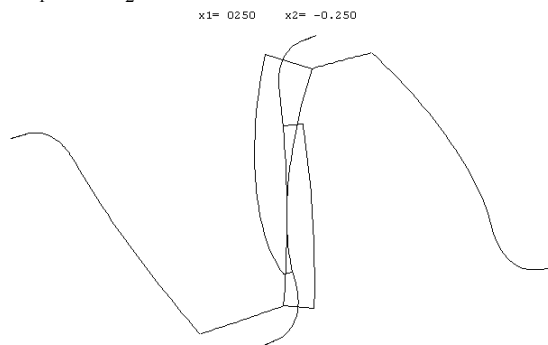
$$V_{tx2} = r_{b2} \cdot \omega_2 \tan \alpha_{x2}$$

/8/

Kako je $r_{b1} \cdot \omega_1 = r_{b2} \cdot \omega_2$ to se brzina klizanja u proizvoljnoj tački X može odrediti kao razlika tangencijalnih brzina na osnovu sledećeg izraza:

$$V_{klx} = r_{b1} \cdot \omega_1 (\tan \alpha_{x1} - \tan \alpha_{x2}) \quad /9/$$

Ekstremne vrednosti brzina klizanja su na početku sprežanja (tačka A) i kraju sprežanja (tačka E), odnosno na temenim delovima malog i velikog zupčanika. Na slici 3 prikazana je promena brzina u pravcu tangente za zupčasti par sa $z_1 = 18$ $z_2 = 65$.



Sl.3. Brzine u pravcu tangente na bok zubaca

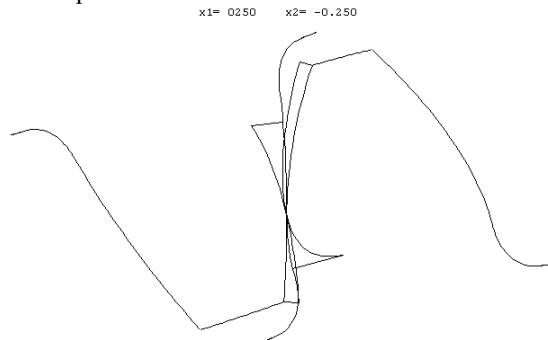
Odnos brzine klizanja i odgovarajuće tangencijalne brzine je specifično klizanje:

$$\zeta_{1x} = \frac{V_{t1x} - V_{t2x}}{V_{t1x}} = 1 - \tan \alpha_{x2} / \tan \alpha_{x1} \quad /10/$$

$$\zeta_{2x} = \frac{V_{t2x} - V_{t1x}}{V_{t2x}} = 1 - \tan \alpha_{x1} / \tan \alpha_{x2}$$

/11/

Na sl. 4 promena specifičnih klizanja na bokovima spregnutih zupčaniak



Sl.4. Specifične brzine klizanja

5. NAPONI NA BOKOVIMA ZUBACA

U toku sprežanja a kao posledica promene radijusa krivina spregnutih profila i broja istovremeno spregnutih zuba dolazi do promene pvrinskih pritisaka koji se

proracunavaju na osnovu Hertz-ove teorije o kontaktnim naprežanjima. Maksimalni kontaktni pritisak pri jednostrukoj sprezi zupcastog para se može izraziti kao:

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{F_n}{b_{ef} \cdot \rho_x} \cdot \frac{1}{\pi \cdot \left(\frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right)}} \quad /12/$$

gde su:

F_n [N] – normalna sila na bok zupca

E_1, ν_1, E_2, ν_2 – modul elastičnosti i Poisson-ov koeficijent spregnutih materijala,

$\rho_x = r_{b1} \frac{u \cdot \tan \alpha_{x1} \cdot \tan \alpha_{x2}}{(u+1) \cdot \tan \alpha_w}$ – redukovani radijus

krivine u proizvoljnoj tački X.

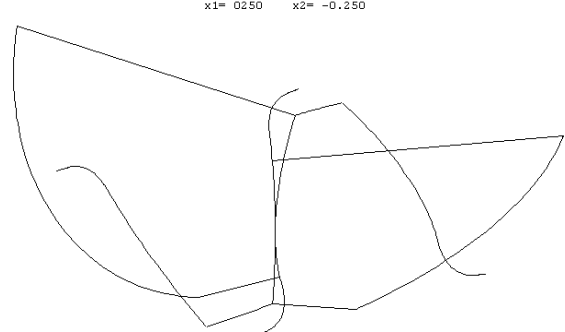
U trenutnom polu je C redukovani radijus krivine je:

$$\rho_C = r_{b1} \frac{u \cdot \tan \alpha_w}{(u+1)} \quad /13/$$

Odnos redukovanog radijusa krivine u proizvoljnoj tački X i redukovanog radijusa krivine u trenutnom polu definišimo kao faktor radijusa krivine i on iznosi:

$$\zeta_{\rho x} = \frac{\rho_x}{\rho_C} = \frac{[(u+1) \cdot \tan \alpha_w - \tan \alpha_{x1}]}{\tan^2 \alpha_w} \cdot \tan \alpha_{x1} \quad /14/$$

Na slici 5. prikazana je promena faktora radijus krivine tokom sprežanja zupčastog para.



Sl.5. Promena faktora rdijusa krivinre u toku sprežanja

Kao posledica promene položaja zuba dolazi do promene redukovanog radijus krivine ali i promene opterećenja. Zbog elastičnih deformacija tela zuba kao elastične grede i površinskog sloja zuba, u slučaju višestruke spege dolazi do neravnomerne raspodele opterećenja. Opterećenje jednog zupčastog para zavisnosti od broja istovremeno spregnutih zuba i položaja zuba u toj sprezi. Pored navedenog na raspodelu opterećenja utiče i oblik korekcije profila zubca (tretirano prema DIN 3990). Faktor raspodele opterećenja je dat u funkciji napadno ugla α_{x1} i označen sa $K(\alpha_{x1})$. Pritisak u proizvoljnoj tački X aktivnog dela dodirnice se može izraziti sledećom jednačinom

$$\sigma_{Hx} = K_F \cdot \{K(\alpha_{x1}) \cdot [1 - \frac{\tan \alpha_{x1}}{(u+1) \cdot \tan \alpha_w}] \cdot \tan \alpha_{x1}\}^{-0.5} \quad /15/$$

gde je: K_F – faktor opterećenja

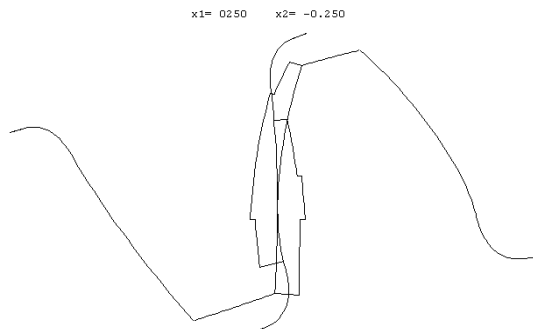
Pritisak u trenutnom polu C moguće je na osnovu jednačina /12/ i /13/ izraziti u obliku

$$\sigma_{HC} = K_F \cdot [K(\alpha_w) \cdot \frac{u}{u+1} \cdot \tan \alpha_w]^{0.5} \quad /16/$$

Specifični kontaktni pritisak kao odnos pritiska u proizvoljno odabranoj tački aktivnog dela dodirnice X i pritiska u trenutnom polu možemo na osnovu jednačina /15/ i /16/ izraziti u sledećem obliku:

$$\zeta_{\sigma F} = \left\{ \frac{K(\alpha_{x1})}{K(\alpha_w)} \cdot \frac{u \cdot \tan^2 \alpha_w}{[(u+1) \cdot \tan_w - \tan \alpha_{x1}] \cdot \tan \alpha_{x1}} \right\}^{0.5} \quad /17/$$

Promena specifičnog kontaktnog pritiska prikazana je na slici 6, sa koje se vidi uticaj prelaska sa dvostruke na jednostruku spregu.



Sl.6.Promena specifičnog pritiska u toku sprezanja

6. HABANJE BOKOVA CILINDRIČNIH ZUPČANIKA

Do habanje dodirnih površina dolazi zbog klizanja koje se javlja između opterećenih bokova zuba. Kontaktni pritisci bokova zubaca u praktičnoj primeni su granicama 500-2500 N/mm². Habanje u periodu razrade ima pozitivne efekte na raspored opterećenja. Određivanje istrošenja baka zuba usled kliznog habanja se idejno oslanja na rad Plewe-a /1/. Istrošenje profila (liniski parametar habanja) zuba se može odrediti na osnovu izraza:

$$hw = k \cdot \zeta_x \cdot \rho_x \cdot \sigma^{1.4} \cdot N \quad /18/$$

gde su:

k – faktor habanja koji zavisi od vrste ulja, materijala i termičke obrade zupčanika,

ρ_x – redukovani radijus krivine u proizvoljnoj tački X,

ζ_x – specifično klizanje u proizvoljnoj tački X,

σ – radni napon bokova zuba u proizvoljnoj tački X,

N – broj ciklusa opterećenja zupčanika.

Do habanja bokova zuba dolazi ako je debljina uljnog filma manja od visina neravnina. Istraživanja publikovani od strane Grubina, Heiginsona i drugih autora, zasnovana su na elastohidrodinamičkoj teoriji podmazivanja.



Slika 1. Oblik habanja pri $x_1=0.0$ $x_2=0.0$
Sl.7. Oblik habanja za zupčasti par sa pomeranjem $x_1=0.0$ i $x_2=0.0$



Slika 2. Oblik habanja pri $x_1=0.25$ $x_2=-0.25$
.8. Oblik habanja za zupčasti par sa pomeranjem $x_1=0.25$ i $x_2=-0.25$

Numerička rešenja za određivanja debljine uljnog filma su saglasna, sa neznatnim odstupanjem od nekoliko procenata mogu se svesti na:

$$h_{min} = 2,65 \cdot U^{0,7} \cdot G^{0,54} \cdot \rho_x / W^{0,13}$$

/19/

gde su:

$U = \eta_o \cdot V_{tsr} / E_r \cdot \rho_x$ – bezdimenzioni parametar brzina

$G = \alpha \cdot E_r$ – bezdimenzioni parametar ulja

$W = F_n / b_{ef} \cdot E \cdot \rho_x$ – bezdimenzioni parametar opterećenja

$E_r = \frac{2}{\frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2}}$ – redukovani modul elastičnosti

elastičnosti

$V_{tsr} = (V_{tx1} + V_{tx2}) / 2$ – srednja tangencijalna brzina

brzina

η_o – viskoznost maziva

α – piezokoefficientom po Barusu ($\eta = \eta_o^{\alpha \cdot p}$)

Na slikama 7. i 8. prikazana su istrošenja bokova zuba sa različitim koeficijentima pomeranja profila. Uočljiv je znatan uticaj pomeranja profila na oblik pohabanog sloja i intenzitet habanja. Ovo se može objasniti promenama brzine klizanja i specifičnih opterećenja.

7. ZAKLJUČAK

Rezultati sprovedenih istraživanja i dosadašnja primena programskog sistema na konkretnim problemima pokazuju opravdanost razvoja programskog sistema na bazi modula, jer omogućuje parcijalnu zamenu modula i jednostavnu dopunu baza podataka. Prikazani programski sistem za projektovanje prenosnika snage se efikasno može koristiti za:

- simultano i automatizovano projektovanje mehaničkih prenosnika snage;
- proračun vitalnih elemenata prenosa i provere već realizovanih konstrukcija, potrebe reparacije mašinskih elemenata i sklopova, odnosno za definisanje geometrije kod pohabanih ili oštećenih zupčastih ili pužnih elemenata.
- proračune trajnosti i pouzdanosti vitalnih elemenata sistema za prenos snage,
- proračune tehnoloških parametara za podešavanje mašina za izradu ozubljenja,
- uporedne analize valjanosti alternativnog izbora pri supstituciju materijala, ulja, ležajeva.

Uporedna analiza numeričkih rezultata, dobijenih matematičkim modelom, i većeg broja eksperimentalnih podataka pokazuje u osnovi kvalitativnu saglasnost (oblik pohabanog profila) sa znatnim odstupanjem vrednosti istrošenja.

Sprovedena istraživanja ukazuju na znatan uticaj pomeranja profila na oblik pohabanog sloja i intenzitet habanja. Neadekvatan izbor pomeranja profila dovodi do intenziviranja degradacionih procesa i pojave oštećenja. Ovo se može objasniti promenama brzine klizanja i specifičnih opterećenja.

Sprovedene analize ukazuju da je kod sporohodnih zupčastih parova potrebno kao osnovni kriterijum proračuna uvesti proračun na habanje.

LITERATURA

- [1] Oster, P.: Beanspruchung der Zanflanken unter Bedingungen der Elastohydrodynamik Diss. TUMunchen
- [2] Plewe, S. N.: Untersuchung uber den Abriebverschleiss von geschmierten, langsam laufenden Zanredgetrieben. Diss. TU Munchen 1981.
- [3] Velimirović M., Bogdanović R. Milčić D.; Pogonski kolski slog vučnih vozila, Naučni skup o železničkom mašinstvu, Niš, Oktobar 1992, železnice vol. 48 No11/1992
- [4] Velimirović M., An expert system for selecting the optimum variant of the transmission gear, CIM 94, Zakopane Maj 1994
- [5] Vulić A., Tanasijević S.: "Planetarni i harmonijski prenosnici snage", Univerzitet u Nišu - Mašinski fakultet, Niš, 1994.

PROGRAMME SYSTEM "MULTIRED" AND APPLICATION ON EXPLORING WEAR INVOLUTE TOOTHING

Miodrag Velimirović, Aleksa ndar Vulić

Summary: *One of the basic conditions for optimum design and production of toothed power transmission gears is to have reliable quantitative data about the changes occurring on the toothed pairs operating surfaces. This particularly refers to those transmission gears where extremely low noise and vibration levels are required.*

This work deals with the analysis of the processes taking place on teeth operating surfaces, starting from the point of a tooth coming into the engagement till its coming out of the conjugation. The paper presents a mathematical model of wearing process on conjugated gears teeth surfaces. The researches and model making were based on thermo-elasto-hydrodynamic theory of lubrication.

Keywords: *gears, involute toothing, wearing process*

А

| | |
|----------------------|---------|
| Адамовић Драган | 207 |
| Александров Владимир | 53, 111 |
| Арсивић Миодраг | 143 |

Б

| | |
|-------------------|-----|
| Бабић Аранђел | 1 |
| Бабић Мирослав | 213 |
| Богдановић Ранђел | 153 |

В

| | |
|---------------------|----------|
| Васевић Иван | 69 |
| Велимировић Миодраг | 217 |
| Вучковић Никола | 147 |
| Вукадиновић Радисав | 153, 179 |
| Вукшић Марија | 185 |
| Вулић Александар | 217 |
| Вуловић Радун | 207 |

Г

| | |
|----------------------|-----|
| Гавриловић Бранислав | 37 |
| Гојковић Слободан | 169 |
| Голубовић Топлица | 11 |

Д

| | |
|-------------------|-----|
| Данојлић Војислав | 1 |
| Durak Erturgrul | 191 |

Ђ

| | |
|---------------------|-----|
| Ђурђановић Мирослав | 197 |
| Ђурић Милан | 201 |

Ж

| | |
|------------------|-----|
| Живановић Драган | 143 |
| Живковић Живота | 83 |

И

| | |
|-----------------|--------|
| Илић Милован | 117 |
| Ивковић Бранко | xxxvii |
| Ивковић Небојша | 17 |

Ј

| | |
|---------------------|----------|
| Јаношевић Драгослав | 163 |
| Јелић Сава | 69 |
| Јованчић Миодраг | 21 |
| Јовановић Драгутин | 123 |
| Јовановић Милорад | 207 |
| Јовановић Миомир | 17, 25 |
| Јовановић Предраг | 103, 159 |
| Јовановић Слободан | 63, 143 |
| Јовановић Владимир | 73, 93 |

Л

| | |
|----------------|---------|
| Лазивић Вукић | 207 |
| Лишанин Радоје | 49 |
| Лучанин Војкан | 21, 137 |

М

| | |
|---------------------|----------|
| Манчић Милан | 31 |
| Мандић Драгомир | 103, 159 |
| Манески Ташко | 1 |
| Маринковић Зоран | 163 |
| Марковић Гордана | 63 |
| Марковић Саша | 163 |
| Михајловић Дејан | 43 |
| Мијајловић Данко | 163 |
| Мијајловић Радић | xxv |
| Милчић Драган | 87 |
| Милошевић Аница | 79 |
| Милошевић Милош | 79, 83 |
| Миловановић Милутин | 49, 185 |
| Миловановић Пера | xxi |
| Милтеновић Војислав | 87 |
| Милутиновић Душан | xxix |
| Мирчевски Ненад | 97 |
| Митић Чедомир | 169 |
| Младеновић Лепосава | 63 |

Н

| | |
|---------------|-----|
| Нинковић Рато | 213 |
|---------------|-----|

П

| | |
|----------------------|--------|
| Пајић Драгослав | i, 129 |
| Панајотовић Слободан | 63 |
| Папић Мила | 69 |
| Пауновић Данило | 175 |
| Павић Милорад | 137 |
| Петровић Горан | 197 |
| Плавшић Милан | 21 |
| Попов Ацо | 93 |

Р

| | |
|------------------|-----|
| Раденковић Горан | 63 |
| Ратковић Нада | 207 |
| Ристић Сретен | 25 |
| Росић Слободан | xix |

С

| | |
|-----------------------|---------------|
| Стаменковић Душан | iii, 143, 191 |
| Стаменковић Стојан | vii, 79 |
| Стевановић Драгослава | 59 |
| Стевановић Мирјана | 103, 159 |
| Стојичић Срђан | 31, 73 |
| Стојичић Стојадин | xi |
| Стојилковић Миле | 201 |

Т

| | |
|-------------|-----|
| Тонић Душан | 147 |
|-------------|-----|

Ћ

| | |
|----------------|----|
| Ћирић Жарко | 63 |
| Ћорковић Душан | 69 |

Ч

| | |
|---------------|-----|
| Чупковић Лука | xix |
|---------------|-----|

Ш

| | |
|----------------|----|
| Шашић Владимир | 53 |
| Шкаро Срђан | 97 |
| Шубара Надежда | 7 |