

## **PRIMJENA DIJAGNOSTIČKIH METODA KOD VJEŠTAČENJA TEHNIČKE ISPRAVNOSTI MOTORNIH VOZILA**

**SAŽETAK:** Kontrola uređaja za kočenje načelno se vrši u stanici za tehničke preglede privrednog društva, koja posjeduje sve uređaje za kontrolu uređaja za zaustavljanje. Prilikom ovog pregleda, provjerava se stanje radne kočnice (efikasnost – koeficijent kočenja kod praznog i opterećenog vozila, razlika sile kočenja na lijevoj i desnoj strani, veličina skokovitog prirasta sile), pomoćne kočnice (efikasnost – koeficijent kočenja, razlika sile kočenja na lijevoj i desnoj strani), parkirna kočnica (funkcionalnost, stanje čelične užadi – oštećenja, uvijanje, zapletenost, korozija, stanje žabica, stanje upravljačke poluge), komanda – papučica radne kočnice (hod – prevelik ili premalen, da li je jastučić protiv klizanja potrošen, labav ili ga nema, zazor u zglobnim elementima, otpor pri pokretanju), komanda – poluga pomoćne kočnice (poluga – da li je iskrivljena ili polomljena, stanje zubaca za držanje, hod – prevelik ili premali), elementi prenosa sile kočenja (kruti cjevovod – iskrivljenost, učvršćenost, propusnost, korozija, stanje spojeva; elastična crijeva – učvršćenost, propusnost, ispucanost, bubrenje, spojevi; kompresor – nivo i curenje ulja, potrebno vrijeme za postizanje pritiska; pneumatski rezervoari – korodiranost, oštećenost, pričvršćenost; kočioni cilindri – funkcionisanje, oštećenost, korodiranost, curenje ulja; kočione poluge – iskrivljenost, korozija, funkcionalnost; elementi upravljanja i napajanja priključnog vozila – odziv i visina pritiska; elementi ABS sistema – oštećenja, pričvršćenost, signal ABS lampice na kontrolnoj tabli). Pored navedenog, ako se pregled vrši u radionici i rastavljanjem dijelova i sklopova, treba obavezno provjeriti i navesti izgled kočionih papučica i pričvršćenost obloga, izgled kočione površine diska ili doboša, klipova, zaptivnih guma i povratnih opruga.

Svrha ispitivanja tehničke ispravnosti je da obezbijedi da prednosti dobijene originalnim dizajnom i proizvodnjom vozila, budu zadržane i tokom upotrebe vozila.

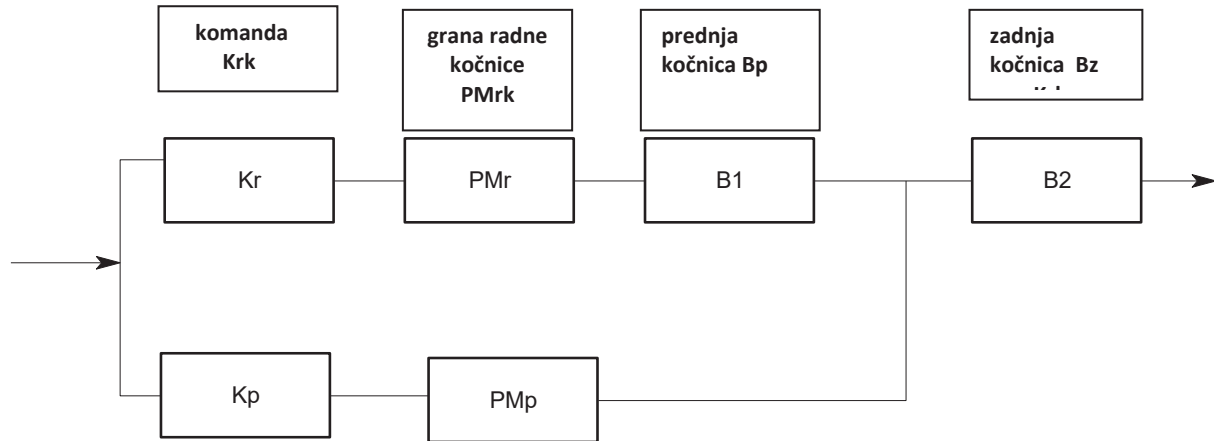
**KLJUČNE RIJEČI:** uređaji, stanica, tehnički, pregled, zaustavljanje, kočenje, pregled, efikasnost, koeficijent, klizanje, propusnost, korozija, vrijeme, funkcionalnost, napajanje, disk, doboš, klipovi, povratna opruga, dizajn, vozilo, funkcionalnost, povratna opruga, vozilo.

### **1. Uvodne napomene**

Sistemi za kočenje motornih vozila uključuju više funkcionalno i konstrukciono odijeljenih sklopova i podsklopova, sa relativno velikim brojem elemenata. Stoga je prikladno da se u prvom približenju pouzdanost sistema za kočenje analizira na bazi podjele sistema na nekoliko podsistema, funkcionalno ili konstrukciono objedinjenih, a uz uslov da se svaki podsistem posmatra kao jedan složeni element, čija se pouzdanost integralno analizira. Na primjer, za glavnu ili radnu kočnicu kao osnovni podsistemi, tj. složeni elementi mogu da se definišu: komanda, prenosni mehanizam i izvršni mehanizam kočnice. Ista ovakva podjela može da se prihvati i za pomoćnu, odnosno parkirnu kočnicu. U slučaju da se u sistemu radne kočnice obezbjeđuju nezavisni prenosni mehanizmi kočnica prednjih i zadnjih točkova, ove odvojene dijelove prenosnog mehanizma takođe treba tretirati kao posebne elemente (Hotvat, 2011). Na sličnim osnovama mogu se utvrditi strukture sistema za kočenje, a u slučaju kada on uključuje dopunsku kočnicu ili neke druge značajne, funkcionalno ili konstrukciono izdvojene sklopove ili podsklopove (na primjer uređaj za regulisanje kočnih sila i sl.).

## 2. Funkcija pouzdanosti sistema za kočenje

Sistem za kočenje je podjeljen na šest elemenata. Međusobne veze su dijelom redne, a dijelom paralelne (Slika 1). Ranije je, međutim, istaknuto da ove paralelne veze ne predstavljaju prave rezerve u sistemu, tj. da ih treba tretirati kao specifične ili kvaziparalelne.



Slika 1. Slika sistema za kočenje transportnog vozila (Horvat, 2011: 2)

Ovako posebno karakterisanje ovih paralelnih veza uslovljeno je činjenicom da se paralelnom granom koja uključuje komandu ( $K_p$ ) i prenosi mehanizam ( $PM_{pk}$ ) pomoćne kočnice obezbeđuju niže performanse nego što je to propisano za granu ( $K_{rk}$ ) – ( $PM_{rk}$ ) radne kočnice, ali da s druge strane ovakav način vezivanja elemenata ipak ima značajne pozitivne efekte na ukupnu pouzdanost sistema za kočenje, posebno sa stanovišta bezbjednosti saobraćaja. Ovakvo tretiranje strukture sistema za kočenje omogućava da se njegova pouzdanost ( $R_s$ ) izrazi sljedećom nejednakošću (Horvat, 2011: 2):

$$R_{Kkr}R_{PMrk}R_{Bp}R_{Bz} < R_s < R_{Bz} \cdot [1 - (1 - R_{Krk} \cdot R_{PMrk} \cdot R_{Bp}) \cdot (1 - R_{Kp} \cdot R_{PMpk})]$$

Drugim riječima, apriorno može da se tvrdi da je ukupna pouzdanost posmatranog sistema za kočenje veća nego kada ne postoji pomoćna kočnica (lijeva strana nejednakosti), a manja nego što bi to bilo da je pomoćna kočnica prava rezerva, tj. da su ostvarene veze paralelne u pravom smislu reči (desna strana nejednakosti). Da bismo odredili vrijednost ukupne pouzdanosti sistema ( $R_s$ ) u ovakvim okolnostima, treba da se počne od činjenice da se u slučaju pojave otkaza na grani radne kočnice kočenjem pomoćnom kočnicom ipak obezbjeđuju određena usporenja, tj. određene izlazne karakteristike. Prema tome, može da se tvrdi da u ovom slučaju sistem za kočenje ipak posjeduje izvjesnu pouzdanost, naročito sa stanovišta bezbjednosti saobraćaja, mada svakako ispod zahtjeva koji se postavljaju pred radnu kočnicu. Očigledno je da je ovo snižavanje nivoa pouzdanosti prouzrokovano samo granom ( $K_p$ ) – ( $PM_{pk}$ ), s obzirom da element ( $Bz$ ) – zadnja kočnica, učestvuje i u grani radne kočnice. Označimo ovo relativno sniženje nivoa pouzdanosti u grani ( $K_p$ ) – ( $PM_{pk}$ ) veličinom  $K_{fp}$ , koju možemo da nazovemo *koeficijent opadanja funkcionalnih karakteristika pomoćne u odnosu na radnu kočnicu*. Očigledno je da ovaj koeficijent može da ima vrijednost od 0 do 1, tj. (Horvat, 2011: 2):

$$0 < K_{fp} < 1$$

Vrijednost  $K_{fp}$  bliske nuli odgovaraju slučaju kada se u kvaziparalelnoj grani obezbjeđuju zanemarljive izlazne karakteristike sistema, a vrijednosti bliske jedinici slučaju kada kvaziparalelna grana ima približno ista svojstva kao rezerva sistema (kao prava paralelna grana).

Na taj način, na osnovu algebre slučajnih događaja i odgovarajućih zakona vjerovatnoće, ukupna pouzdanost sistema za kočenje može da se odredi kao vjerovatnoća ispravnog rada, tj. vjerovatnoća realizacije povoljnog događaja  $E_s$ , u trenutku  $t = t_0$

$$R_s(t_0) = P(E_s)$$

Pri tome, treba da se podvuče da je događaj  $E_s$  slučajan događaj i da predstavlja sinonim za ispravno stanje sistema za kočenje, tj. za takvo stanje u kome sistem može da funkcioniše. Iz toga slijedi da se događaj  $E_s$  može da realizuje ili ispravnim radom radne ili ispravnim radom pomoćne kočnice, tj. da on uključuje dva slučajna događaja  $E_1$  i  $E_2$ . Ova zavisnost može da se simbolički prikaže na sljedeći način (kao „unija“ događaja  $E_1$  i  $E_2$ ):

$$E_s = E_1 \cup E_2$$

S druge strane, i slučajni događaji  $E_1$  i  $E_2$  imaju više komponenata. Naime, u oba ova slučaja realizacija događaja  $E_i$  uslovljena je ispravnosću svih redno vezanih elemenata u grani, tj. realizacijom slučajnih događaja  $E_{ii}$ . Ove zavisnosti, s obzirom na karakter ostvarenih veza, mogu se simbolički prikazati kao „presijeci“ događaja  $E_{ii}$ , tj.:

$$E_1 = E_{Kr} \cap E_{PMr} \cap E_{B1} \cap E_{B2} \quad E_2 = E_{Kp} \cap E_{PMp} \cap E_{B2}$$

Tada na osnovu poznatih zakona vjerovatnoće može da se piše:

$$P(E_s) = P(E_1) + P(E_2) - P(E_1) \cdot P(E_2)$$

što se na osnovu izraza i ranije uvedene definicije koeficijenta  $K_{fp}$  svodi na (Horvat, 2011: 2):

$$P(E_s) = P(E_{Kk}) \cdot P(E_{PMrk}) \cdot P(E_{Bp}) \cdot P(E_{Bz}) + P(E_{Kp}) \cdot P(E_{PMpk}) \cdot P(E_{Bz}) \cdot K_{fp} - P(E_{Krk}) \cdot P(E_{PMkr}) \cdot P(E_{Bp}) \cdot P(E_{Bz}) \cdot P(E_{Kp}) \cdot P(E_{PMpk})$$

Uz izvedeni izraz treba da se naglasi da je opadanje funkcionalnih karakteristika, tj. uvođenje koeficijenta  $K_{fp}$ , ograničeno samo na slučaj kada je događaj  $E_s$  realizovan isključivo događajem  $E_2$ , odnosno samo kada postoji neispravnost na dijelu sistema koji odgovara radnoj kočnici. Otuda u proizvodu:  $P(E_1) \cdot P(E_2)$  ne figuriše koeficijent  $K_{fp}$ .

Pošto u trenutku  $t = t_0$  vjerovatnoća realizacije događaja  $E_{ii}$ , odnosno vjerovatnoća ispravnog rada pojedinih elemenata posmatranog sistema predstavlja po osnovnoj definiciji njihovu pouzdanost, tj.:

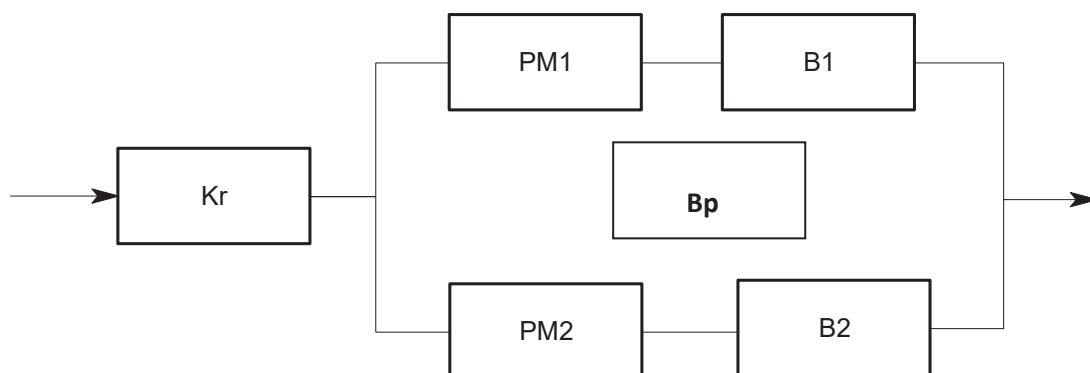
$$P(E_{ii}) = R_{ii}(t_0)$$

Veličina koeficijenta opadanja funkcionalnih karakteristika  $K_{fp}$  može se odrediti na više načina. Naime, kao osnova za ovo može se koristiti više funkcionalnih, odnosno izlaznih karakteristika sistema za kočenje, kao što su: put kočenja, usporenje, stabilnost vozila pri kočenju itd. Od svih raspoloživih mogućnosti najprikladnije je da se koeficijent  $K_{fp}$  odredi kao odnos najznačajnijih karakteristika efikasnosti pri kočenju radnom i pomoćnom kočnicom, tj. odgovarajućih puteva kočenja. Pri tome, mogu se posmatrati stvarni ili propisima određeni putevi kočenja. Uz izvedenu funkciju pouzdanosti treba da se naglasi da ona nije uključila subjektivne činioce, vezane za samog vozača. Naime, sasvim je logično pretpostaviti da svaki vozač u slučaju pojave otkaza na radnoj kočnici svoje ponašanje usklađuje sa nastalom situacijom, te da režim vožnje prilagođava raspoloživim izlaznim karakteristikama pomoćne kočnice, tj. tako poremećenog sistema za kočenje. To znači da bi u opštem slučaju trebalo u funkciju pouzdanosti uključiti izvjesne pozitivne činioce, suprotnog karaktera od koeficijenta  $K_{fp}$ , tj. činioce koji doprinose povećanju ukupne pouzdanosti sistema. Ovo međutim, ipak nije učinjeno i to ne samo zbog teškoća u interpretaciji subjektivnih činilaca matematičkim putem, već i zbog činjenice da se u mnogim situacijama otkaz na radnoj kočnici ne može blagovremeno uočiti. U Tabeli 1. prikazani su tehnički normativi propisanog puta kočenja za određene brzine kretanja.

Tabela 1. Vrednosti koeficijenta  $K_{fp}$ 

VRSTE VOZILA	PROPISANI PUT KOČENJA		BRZINA $v$ [km/h]	$K_{fp}$
	Radna kočnica $s_r$ [m]	Pomoćna kočnica $s_p$ [m]		
Putnička	$0,1 \cdot v + \frac{v^2}{150} = 50,65$	$0,1 + \frac{2 \cdot v^2}{150} = 85,30$	80	0,594
Autobusi	$0,15 \cdot v + \frac{v^2}{130} = 36,70$	$0,15 \cdot v + \frac{2 \cdot v^2}{130} = 64,40$	60	0,570
Teretna do 3,5 t	$0,15 \cdot v + \frac{v^2}{115} = 58,10$	$0,15 \cdot v + \frac{2 \cdot v^2}{115} = 105,70$	70	0,550
Teretna do 12 t	$0,15 \cdot v + \frac{v^2}{115} = 29,20$	$0,15 \cdot v + \frac{2 \cdot v^2}{115} = 50,90$	50	0,574
Teretna preko 12 t	$0,15 \cdot v + \frac{v^2}{115} = 19,90$	$0,15 + \frac{2 \cdot v^2}{115} = 33,80$	40	0,589

To znači, da su sasvim realni slučajevi da se i pored otkaza na radnoj kočnici vozilo koristi na isti način kao i kad je radna kočnica ispravna, bar u vrlo kratkom vremenu. Prema tome, opravdano je da se i pouzdanost sistema za kočenje u cijelini analizira nezavisno od vozača. To pruža realniju sliku o stvarnom stanju stvari. Na sličan način treba da se analiziraju i sistem za kočenje drugih načina gradnje. Posebnu pažnju, u ovom smislu, zaslužuju sistemi za kočenje kod kojih se obezbjeđuje nezavisno kočenje prednjih i zadnjih točkova, što je u posljednje vrijeme čest slučaj, kako kod lakih tako i kod teretnih vozila i autobusa. Shema na slici 2. prikazuje jednu ovakvu instalaciju i njene osnovne elemente. Radi veće preglednosti, pažnja je u ovom slučaju skoncentrisana isključivo na radnu kočnicu. Iz date sheme se vidi da se i ovdje radi o određenim kvaziparalelnim vezama dve grane sistema radne kočnice, i to u još izraženijem vidu nego što je to na prethodnom primjeru pokazano. Radi se, naime, o tome što se u ovom slučaju potreban nivo izlaznih karakteristika obezbjeđuje jedino ispravnim funkcionisanjem obje grane, tj. funkcionalnih karakteristika  $K_{f1}$  i  $K_{f2}$ .



Slika 2. Instalacija nezavisnog kočenja prednjih i zadnjih točkova

U ovom slučaju, međutim, stvari se usložavaju i zbog činjenice da se pri pojavi neispravnosti na jednoj grani pouzdanost sistema smanjuje ne samo zbog opadanja funkcionalnih karakteristika već i zbog pogoršanih uslova rada ispravne grane. Ovo je posebno značajano zbog činjenice da otkaz na jednoj grani vozač često može znatno kasnije da primijeti, tj. da se vozilo u dužim periodima vremena koristi sa ovako poremećenim sistemom za kočenje. Da bi se i ovaj efekat obuhvatio, treba da se uvedu i korekcionni faktori  $K_{u1}$  i  $K_{u2}$ , koji mogu da se nazovu *koeficijenti pogoršanja uslova rada*. Ovi koeficijenti, takođe, imaju vrijednost od 0 do 1, tj.:

$$0 < K_{u1} < 1; \quad 0 < K_{u2} < 1$$

a predstavljaju relativno snižavanje pouzdanosti izazvano pogoršanim uslovima rada sistema. Vrijednosti koeficijenta  $K_u$  bliske jedinici odgovaraju slučaju kada se pogoršanje uslova rada praktično ne održava na snižavanje nivoa pouzdanosti, a vrijednosti bliske nuli slučaju kada pogoršanje uslova rada dostiže takav nivo da je dalje funkcionisanje sistema praktično nemoguće. Polazeći od rečenog, ukupna pouzdanost radne kočnice može da se odredi na sličan način kako je to učinjeno u prethodnom slučaju, odnosno:

$$R(t_0) = P(E_s)$$

$$E_s = E_1 \cup E_2$$

$$E_1 = E_{Kr} \cap E_{PMr} \cap E_{B1} \cap E_{B2} \quad E_2 = E_{Kp} \cap E_{PMp} \cap E_{B2}$$

Prema tome, na osnovu:

$$P(E_s) = P(E_1) + P(E_2) - P(E_1) \cdot P(E_2)$$

slijedi:

$$P(E_s) = P(E_{Krk}) \cdot P(E_{PMn}) \cdot P(E_{Bp}) \cdot K_{f1} \cdot K_{u1} + P(E_{Krk}) \cdot P(E_{PMni}) \cdot P(E_{Bz}) \cdot K_{f2} \cdot K_{u2} \\ - P(E_{Kkr}) \cdot P(E_{PMn}) \cdot P(E_{PMni}) \cdot P(E_{Bp}) \cdot P(E_{Bz})$$

Uvodeći i ovog puta da je za bilo koji trenutak vremena:

$$P(E_{ii}) = R_{ii}(t_0) = R_{ii}$$

Koeficijent opadanja funkcionalnih karakteristika  $K_{f1}$  i  $K_{f2}$  mogu da se i u ovom slučaju odrede na više načina. I ovdje je, međutim, najprikladnije da se njihova definicija veže za upoređivanje karakteristika efikasnosti, tj. odgovarajućih puteva kočenja. Ipak treba da se napomene, da je za slučaj kočenja samo prednjih ili samo zadnjih kočnica vozila, vrlo osjetljivo i pitanje stabilnosti vozila pri kočenju. Međutim, polazeći od činjenice da gubitak stabilnosti pri kočenju može da nastupi samo ako na vozilo djeluju odgovarajuće poremećajne sile ili momenti, dolazi se do zaključka da pojava neispravnosti samo na jednom mostu, ne može da predstavlja neposredan uzrok gubitka stabilnosti, već samo pojavu koja u određenim okolnostima može da doprinese nekontrolisanom skretanju vozila iz pravca kretanja. Zbog toga je ispravnije da se koeficijenti opadanja funkcionalnih karakteristika vežu za efikasnost, tj. za puteve kočenja. Shodno datom obrazloženju, a imajući u vidu osnovne zakone procesa kočenja, tj. usporavanja vozila pri kočenju, mogu da se definišu sljedeći izrazi:

$$K_{f1} = M_{k1}/M_k; \quad K_{f2} = M_{k2}/M_k.$$

gdje je:

$M_{k1}$  – kočioni moment na prednjim točkovima,

$M_{k2}$  – kočioni moment na zadnjim točkovima,

$M_k$  – ukupni kočioni moment na svim točkovima,

$K_{f1}$  – koeficijent opadanja funkcionalnih karakteristika prednjih točkova,

$K_{f2}$  – koeficijent opadanja funkcionalnih karakteristika zadnjih točkova.

Izvedeni izrazi za koeficijente opadanja funkcionalnih karakteristika zasnivaju se na pretpostavci da se kočenje vozila vrši bez blokiranja, tj. da konstrukciona raspodjela kočnih momenta na prednje i zadnje točkove odgovara raspodjeli koja se ostvaruje u stvarnim uslovima eksploatacije. Treba napomenuti da je ova pretpostavka sasvim realna, s obzirom da se u stvarnim uslovima eksploatacije kočenje vozila vrši najčešće sa vrlo malim usporenjima,

znatno ispod granice blokiranja točkova. U odnosu na veličine koeficijenta uslova rada  $K_{u1}$  i  $K_{u2}$  potrebno je da se prethodno istakne da se kočenje vozila u opštem slučaju vrši u određenim trenucima ili periodima vremena, zavisno od saobraćajnih i drugih uslova, a sa ciljem:

- smanjenja brzine kretanja ili
- održavanja konstantne brzine kretanja (na spustovima).

U oba ova slučaja kočenje se svodi na pretvaranje energije u toplotu, tj. može da se izrazi kao rad koji se izvrši na kočnicama. Polazeći od toga, a imajući u vidu da trajanje kočenja diktira vozač, zavisno od objektivnih (saobraćajnih, i dr.) i subjektivnih (način vožnje, i dr.) uslova, odnosno da trajanje kočenja u prosiječnim uslovima eksploatacije ne zavisi od kvaliteta sistema za kočenje (osim u sasvim izuzetnim slučajevima kada se teži ostvarivanju maksimalnih performansi), može da se tvrdi da se svako kočenje karakteriše određenim radom, bez obzira da li se isto ostvaruje preko svih kočnica ili samo preko jednog dijela sistema za kočenje. To znači da se u slučaju pojave neispravnosti na jednoj grani sistema za kočenje pogoršanje uslova rada kočnica u ispravnoj grani može definisati kao odnos odgovarajućih radova kočenja, tj.:

$$K_{u1} = A_1/A_u; \quad K_{u2} = A_2/A_u$$

gdje je:

- $A_1$  – dio ukupnog rada kočenja ( $A_u$ ) koji se izvrši na kočnicama prednjih točkova u slučaju kada se kočenje vrši preko svih točkova,
- $A_2$  – dio ukupnog rada kočenja ( $A_u$ ) koji se izvrši na kočnicama zadnjih točkova u slučaju kada se kočenje vrši preko svih točkova,
- $A_u$  – ukupan rad kočenja koji treba da se izvrši na kočnicama, bez obzira na eventualne neispravnosti na kočnicama jednog mosta.

Na osnovu ovoga, a vodeći računa da za slučaj kočenja bez blokiranja točkova važi:

$$A_1/A_u = M_{k1}/M_k \quad \text{i} \quad A_2/A_u = M_{k2}/M_k$$

može da se konstatuje da koeficijent opadanja funkcionalnih karakteristika i koeficijenti pogoršanja uslova rada imaju u ovom slučaju jednake brojne vrijednosti, diktirane konstrukcijom sistema za kočenje, tj. ostvarenom raspodjelom kočionog momenta na prednje i zadnje točkove:

$$K_{f1} = K_{u1} \quad \text{i} \quad K_{f2} = K_{u2}$$

U ovom slučaju, sistem za kočenje predstavlja poseban interes za analize pouzdanosti teških motornih vozila gdje postoje dvostruke kvaziparalelne veze. Slučajan događaj  $E_s$ , koji označava mogućnost funkcionisanja sistema za kočenje, može da se u ovom slučaju realizuje na tri načina: ili kao događaj  $E_1$  (ispravna grana prednjih kočnica), ili kao događaj  $E_2$  (ispravna grana zadnjih kočnica) ili kao događaj  $E_3$  (ispravna grana pomoćne kočnice). Na osnovu algebre slučajnih događaja i ovo se može prikazati simbolički pomoću „unija“, tj.:

$$E_s = E_1 \cup E_2 \cup E_3$$

Uvodeći i ovog puta, za bilo koji trenutak vremena:

$$P(E_{ii}) = R_{ii}(t_0) = R_{ii}$$

U slučaju zanemarivanja efekta opadanja funkcionalnih karakteristika i pogoršanja uslova rada pri istovremenom ispravnom funkcionisanju pomoćne kočnice i jedne grane radne kočnice (tj. presjeka događaja  $E_1$  i  $E_3$  i preseka događaja  $E_2$  i  $E_3$ ), izvedena funkcija se svodi na jednostavniji oblik:

$$R_s = R_{Krk} \cdot [1 - (1 - R_{PMn} \cdot R_{Bp} \cdot K_{f1}^2) \cdot (1 - R_{PMni} \cdot R_{Bz} \cdot K_{f2}^2) - R_{PMn} \cdot R_{Bp} \cdot R_{PMni} \cdot R_{B2} \cdot (1 - K_{f1}^2 \cdot K_{f2}^2)] + R_{Kp} \cdot R_{PMpk} \cdot R_{Bz} \cdot \{K_{fp} - R_{Kr} \cdot [1 - (1 - R_{PMn} \cdot R_{Bp}) \cdot (1 - R_{PMni})]\}$$



### 3. Funkcija pouzdanosti kočnih obloga

Analize su pokazale da je za izučavanje pouzdanosti sistema za kočnje, a posebno njihovih kočnih obloga, od osnovne važnosti karakter neispravnosti (otkazi i poremećaji) i o načinu, tj. mogućnostima izvršenja popravki (zamjena, podešavanje, spontano iščezavanje).

Razmotrimo prvo slučaj kada se neispravnosti diferenciraju samo sa stanovišta njihovog karaktera, tj. kada se pouzdanost posebno analizira u odnosu na otkaze, a posebno u odnosu na poremećaje.

Od osnovne je važnosti da se prije svega istakne da su otkazi i poremećaji sa stanovišta teorija pouzdanosti, odnosno teorije vjerovatnoće, međusobno zavisni događaji. Ova zavisnost se manifestuje time što se poremećaji ne mogu javiti ako je posmatrani element već u otkazu. Drugim riječima, ako je posmatrani element ispravan u odnosu na događaje koji predstavljaju poremećaje, on bezuslovno mora da bude ispravan i u odnosu na događaje koji označavaju otkaze elementa. Ovo govori da se pouzdanost kočne obloge u odnosu na dve definisane vrste neispravnosti, mora odrediti na osnovu zakona uslovnih vjerovatnoća događaja A i B, pri čemu je sa A označen događaj da obloga nije otkazala, a sa B događaj da obloga nije doživjela poremećaj, tj. pad izlaznih karakteristika.

Zavisnost ovih događaja je, pri tome, određena uslovom da se događaj B može ostvariti samo u slučaju ako je već ostvaren događaj A. Na osnovu toga, slijedi da se pouzdanost kočne obloge u odnosu na pojave otkaza i funkcionalnih poremećaja može izraziti:

$$R_0(t) = P(t) = P(AB) = P(A) \cdot P(A/B) = R_k(t) \cdot R_p(t)$$

U gornjem izrazu je sa  $P(A)$  označena vjerovatnoća da obloga nije otkazala, a sa  $P(B/A)$  vjerovatnoća da obloga nije doživjela funkcionalni poremećaj, pod uslovom da do tog trenutka nije doživjela ni otkaz, tj. neispravnost manifestovanu potpunim prekidom funkcionisanja.  $R_k(t)$  i  $R_p(t)$  predstavljaju tada uslovne pouzdanosti u odnosu na pojavu otkaza i funkcionalnih poremećaja respektivno.

U vezu sa rečenim treba da se naglasi da data interpretacija može u potpunosti da se odnosi i na kočnicu u cijelini, s obzirom da i cio sklop kočnice može u odnosu na ove dvije osnovne vrste neispravnosti da se tretira preko uslovnih vjerovatnoća, odnosno događaja. Šta više, u praktičnim istraživanjima pouzdanosti kočnih obloga, ocjenjivanje nastalih neispravnosti sa stanovišta njihovih karaktera, tj. razlikovanje otkaza od poremećaja, mora da se veže za posmatranje kočnice u cjelini, s obzirom da se jedan isti stepen istrošenja ili isti pad koeficijenta trenja može sasvim različito odraziti na izlazne karakteristike kočnice, zavisno od konstrukcionih i drugih relativnih činilaca. Prema tome, da li je jedna neispravnost na kočnoj oblozi otkaz ili poremećaj zavisi od toga kakav je uticaj izazvan na kočnicu kojoj ova obloga pripada (Hotvat, 2011: 2). U statičkom obliku izvedena funkcija pouzdanosti kočne obloge može da se prikaže na sljedeći način:

$$R_o(t) = \frac{N_o - N_k(t)}{N_o} \cdot \frac{N_o(t) - N_p(t)}{N_o - N_k(t)};$$

gde je:

$N_k(t)$  – broj otkaza do trenutka  $t$ ;

$N_p(t)$  – broj funkcionalnih poremećaja do trenutka  $t$ ;

$N_o$  – ukupan broj posmatranih obloga.

Iz izraza slijedi da je:

$$R_o(t) = \frac{N_o - N_k(t)}{N_o}; \quad R_o(t) = \frac{N_o - N_k(t) - N_p(t)}{N_o - N_k(t)};$$

odnosno da se u slučaju zbirnog tretiranja neispravnosti, nezavisno od njihovog karaktera, tj.:

$$N_n(t) = N_k(t) + N_p(t)$$

dati izraz svodi na :

$$R_o(t) = \frac{N_o - N_n(t)}{N_o} = 1 - \frac{N_n(t)}{N_o} = \frac{N_d(t)}{N_o};$$

kako to slijedi po osnovnoj definiciji pouzdanosti. Na analogan način se može izvesti funkcija pouzdanosti kočne obloge i u odnosu na diferenciranje neispravnosti sa stanovišta načina njihovog otklanjanja. U ovom slučaju, ako sa  $A$  označimo događaj da kočnu oblogu ne treba mijenjati (tj. da nije doživjela otkaz koji zahtijeva zamjenu), sa  $B$  događaj da oblogu ne treba podešavati, a sa  $C$  događaj da obloga nije doživjela prolaznu neispravnost, koja spontano iščezava, funkcija pouzdanosti može da se napiše u obliku:

$$R_o(t) = P(t) = P(ABC) = P(A) \cdot P(B/A) \cdot P(C/AB) = R_c(t) \cdot R_a(t) \cdot R_f(t)$$

Istaknimo da i ovdje  $P(A)$  predstavlja vjerovatnoću da kočna obloga neće u trenutku posmatranja doživjeti istrošenje (otkaz) koje zahtijeva njenu zamjenu,  $P(B/A)$  vjerovatnoću da u istom trenutku obloga neće doživjeti neispravnost koja nameće potrebu podešavanja kočnice, a pod uslovom da prethodno obloga nije zamjenjena, i  $P(C/AB)$  vjerovatnoću da u istom trenutku obloga neće doživjeti prolaznu neispravnost, a pod uslovom da do tog trenutka nije već doživjela dve prethodne neispravnosti. Analogno ranijem,  $R_c(t)$ ,  $R_a(t)$  i  $R_f(t)$  predstavljaju uslovne pouzdanosti kočne obloge u odnosu na tri posmatrane vrste neispravnosti respektivno. U statičkom obliku, izvedena funkcija pouzdanosti svodi se na:

$$R_o(t) = \frac{N_o - N_c(t)}{N_o} \cdot \frac{N_o - N_c(t) - N_a(t)}{N_o - N_c(t)} \cdot \frac{N_o - N_c(t) - N_a(t) - N_f(t)}{N_o - N_c(t) - N_a(t)},$$

gdje je:

$N_c(t)$  – broj zamijenjenih dijelova do trenutka  $t$ ,

$N_a(t)$  – broj podešavanja do trenutka  $t$ ,

$N_f(t)$  – broj polaznih neispravnosti do trenutka  $t$ .

#### 4. Funkcija pouzdanosti radnog fluida

Na osnovu iskustva u održavanju hidrauličke opreme u najvećem broju uzroka otkaza je kontaminacija hidrauličkog fluida, koja obuhvata prisustvo čvrstih čestica, zatim vode, vazduha, hemijskih jedinjenja, a ponekad i mikroorganizama.

U širem smislu, kontaminacija fluida obuhvata i promijene njegovih fizičko-hemijskih osobina (viskoznosti, sadržaja baznih materija, nivoa oksidacije). Korisnici hidrauličnih fluida danas su sve zahtjevniji što se tiče kvaliteta fluida i zajedno sa proizvođačima definišu formulacije aditiva i zahtjeve za pojedinim parametrima, tako da se kvalitet hidrauličnih fluida stalno unapređuje, što u praksi daje znatne rezultate (Amft, Lukowicz. 2009). Savremene hidraulične sisteme karakterišu male tolerancije između spregnutih površina, fino obrađene površine elemenata pumpi, motora, ventila i drugih, kao i vrlo visoki pritisci. Najozbiljnije posljedice za hidrauličke komponente u hidrauličkom sistemu ima prisustvo čvrstih čestica i taloga koje prouzrokuju abrazivno habanje.

Prema izveštaju kompanije VICKERS, od ukupnog broja otkaza uzrokovanih kontaminacijom radnih fluida, 90 % otpada na djelovanje abrazivnog habanja čvrstim česticama, pa je koncept preventivnog održavanja hidrauličnih fluida usmjeren prvenstveno na kontrolu i ograničavanje sadržaja čestica u radnom fluidu, i kontroli njegovih osnovnih fizičko hemijskih parametara. U postupku praćenja kvaliteta fluida definisana su dva nivoa ispitivanja fluida na osnovu kojih se određuje stanje fluida u sistemima i potreba za njihovom zamjenom (Horvat, 2011: 4).



## 5. Nivoi ispitivanja radnog fluida

Kod prvog nivoa ispitivanja ispituju se osnovne fizičko-hemijske karakteristike radnog fluida i definiše se gornja i donja granična vrijednost ispitivanih karakteristika koje još uvijek obezbjeđuju optimalno funkcionisanje hidrauličkog fluida. Veličina odstupanja definiše se u odnosu na nominalnu vrijednost ispitivane karakteristike koja je propisana standardom, ili u odnosu na deklarisanu vrijednost od strane proizvođača fluida. U Tabeli 2. prikazan je prvi nivo laboratorijskog ispitivanja.

Tabela 2. Prvi nivo laboratorijskog ispitivanja

Karakteristika	Metoda	Nominalna vrednost	Dozvoljena odstupanja
Viskozitet na 40°C, mm <sup>2</sup> /s	ISO 3104, ASTM D 445	46	±4,6 mm <sup>2</sup> /s
Specifična gustina na 15°C g/cm <sup>3</sup>	ISO 3675, ASTM D 1298	0,880	±0,045 g/cm <sup>3</sup>
Neutralizacioni broj mgKOH/gr	ASTM D 664, JUS ISO 6619, JUS ISO 6618	0,50	+0,025 mgKOH/gr.
Sadržaj vode i mehaničkih nečistoća, %	JUS B.H8.150, DIN 51777	0,00	Povećanje do 0,055%
Mehaničke nečistoće po klasi	NAS 1638, ISO 4406	max 9	±2

U slučaju da bilo koja karakteristika iz prvog nivoa laboratorijskog ispitivanja nije u propisanim granicama pristupa se drugom nivou ispitivanja. Karakteristike fluida koje se analiziraju u drugom nivou ispitivanja prikazane su u Tabeli 3. i ako one ostaju u propisanim granicama donosi se odluka o nastavku eksploatacije fluida uz korekciju vremena uzorkovanja.

Tabela 3. Drugi nivo laboratorijskog ispitivanja

Karakteristika	Metoda	Nominalna vrednost	Dozvoljena odstupanja
Viskozitet na 40°C, mm <sup>2</sup> /s	ISO 3104, ASTM D 445	46	±9,2 mm <sup>2</sup> /s
Specifična gustoća na 15°C g/cm <sup>3</sup>	ISO 3675, ASTM D 1298	0,880	±0,060 g/cm <sup>3</sup>
Neutralizacioni broj mgKOH/gr.	ASTM D 664, JUS ISO 6618, JUS ISO 6619	0,50	+0,05 mgKOH/gr.
Sadržaj vode i mehaničke nečistoće, %	JUS B .H8.150, DIN 51777	0,00	Povećanje do 0,1%
Korozija Cu-trake, 3h/100°C	ASTM D 130	1a	Povećanje do 1b
Tačka paljenja, °C	ISO 2592	190°C	±20°C
Penušanje	ASTM D 892	40/0	Do 70/0
Deemulzivnost, ml-ml-ml (min)	JUS B.H8.053, ASTM D 1401	40-37-3(15)	Do 40-37-3(40)

U slučaju da se u drugom nivou ispitivanja jedna ili više karakteristika nađu iza dozvoljenih granica, procjenjuje se da stanje fluida ne zadovoljava propisane uslove za dalju eksploataciju i donosi se odluka o regeneraciji ulja, ili o totalnoj zamijeni. Posebno će se prikazati kvaliteti hidrauličkih fluida.

## 6. Utvrđivanje zahtjeva za čistoćom ulja po preporuci proizvođača hidrauličnih komponenti

Kriterijumi ocjene čistoće ulja u odnosu na sadržaj čvrstih čestica zavisi od mjesta korišćenja fluida. Za fluide u hidrauličnim sistemima potreban stepen čistoće definiše se u odnosu na zahtjeve pojedinih hidrauličnih komponenti, a na osnovu toga definišu se i karakteristike filtera, što je prikazano u Tabeli 4. (Porta, Thomas, MischaSchwartz, 1991). Utvrđivanje zahtjeva hidrauličnih komponenti za fluidom propisanog nivoa čistoće, za pojedine komponente hidrauličnog sistema, zavisi od konstruktivnog rešenja komponenti. Najosetljivije komponente hidrauličnih sistema su elektro-hidraulički servo razvodnici, regulacioni ventili, klipno-aksijalne pumpe i hidro motori. Pored zahtjeva ugrađenih komponenti sistema, moraju se uzeti u obzir i radni pritisci tako da sistemi koji imaju visok radni pritisak, takođe imaju visok zahtjev za klasom čistoće radnog fluida (Horvat, 2011: 16). Za ocjenu stanja čistoće hidrauličnih fluida koristi se nekoliko standarda: ISO 4406 (CETOP RP 70 H), NAS 1638, SAE ASTM-AIA, MILL 1246, ACFTD.

Prva četiri standarda definišu dozvoljeni broj čvrstih čestica određene veličine u uzorku ulja od 100 ml, a posljednji – ACFTD, definiše dozvoljeni težinski odnos svih čvrstih čestica u odnosu na masu ulja. Opšte prihvaćena i najčešće korišćena metoda za određivanje nivoa kontaminacije hidrauličnih fluida čvrstim česticama, definisana je standardom ISO 4406. Paralelno se u ove svrhe koristi i standard NAS 1638.

Tabela 4. Kriterijum izbora potrebne čistoće hidrauličnog fluida

Standard		Karakteristike filtera		Dozvoljeno područje prljanja ulja	
NAS	ISO	SAE	$\beta_x$ = 75	Materija	Tip
6	15/12	3	3	anorganski	potisni filter
7	16/13	4	5	anorganski	potisni filter
8	17/14	5	10	anorganski	povratni
9	18/15	6	20	organski	povratni
10	19/16	-	25	organski	potisni
11	20/17	-	25 do 40	organski	usisni
12	21/18	-	25- 40	organski	usisni

servo ventil  
regulacioni ventil  
proporcionalni ventil  
klipnoaksijalne pumpe i  
komponente kod pritiska  
 $p > 160$  bara gornja zona i  
 $p < 160$  bara donja zona  
sistemi niskog pritiska

## **7. Istraživanje uslova rada i radnih opterećenja sistema za kočenje**

Rad kočnica motornih vozila praćen je pretvaranjem mehaničke energije u toplotu. Zbog toga je najispravnije da se o opterećenju kočnica prosuđuje na osnovu količine energije koja se u određenom periodu vremena u njima transformiše.

Rad kočenja, prema tome, predstavlja osnovni pokazatelj stepena njihove opterećenosti. Očigledno je da ovaj pokazatelj istovremeno sasvim realno opisuje i nivo opterećenja samih kočnih obloga, koje svojim fizičkim karakteristikama neposredno učestvuju u pretvaranju mehaničke energije u toplotnu. Dakle, rad kočenja je osnovni pokazatelj rada kočnih obloga, odnosno opterećenja koje one trpe u eksploataciji.

Da bi se na osnovu rada kočenja omogućilo šire orijentisanje o uslovima pod kojima se kočne obloge eksploatišu, neophodno je da se vrijednosti ovog pokazatelja obezbijede na što širim osnovama. Pored prosječnih vrijednosti rada kočenja po jedinici pređenog puta, potrebno je da se posjeduju podaci i o učestalostima pojave, određenih nivoa rada kočenja, a takođe i o činiocima koji rad kočenja neposredno određuju. U ovom smislu, pokazatelji uslova rada kočnih obloga su i veličine kočnih momenata i prosječnih brzina kretanja vozila pri kočenju, a zatim i raspodijele brzina i pređenih puteva u toku i između kočenja. To znači da se izučavanje rada, koji se realizuje na kočnim površinama, u stvarnim uslovima eksploatacije svodi na izučavanje promijene snage kočenja u toku vremena tj. u toku cijelokupnog puta koji vozilo prelazi, odnosno da je i snaga kočenja jedan od bitnih pokazatelja uslova rada kočnih obloga. Pored toga, imajući u vidu da jedan isti rad kočenja, tj. jedna ista ovako razvijena količina toplote, izaziva različita toplotna opterećenja kočnice, zavisno od njene konstrukcije, uslova hlađenja i drugih relevantnih činilaca, definisanje režima opterećenja i uslova rada kočnih obloga na ovim osnovama zahtijeva da se uz podatke o radu kočenja, poznaju i odgovarajući pokazatelji toplotnih opterećenja. Prema tome, pored izučavanja promijene snage kočenja treba da se izučavaju i promijene radnih temperatura kočnica, tj. temperatura na kočionim površinama.

Kao što se vidi, i ako po svojoj fizičkoj suštini rad kočenja neposredno opisuje nivo opterećenja kočnica i obloga, za dovoljno objektivno ocjenjivanje njihovih uslova rada neophodno je da se proces kočenja karakteriše većim brojem pokazatelja, a pre svega zakonima promijene snage kočenja i radnih temperatura na kočnim površinama u toku vremena, tj. pređenog puta vozila. S tim u vezi, treba da se ponovo naglasi da se kočenje vozila vrši u određenim trenucima ili periodima vremena, zavisno od niza subjektivnih i objektivnih činilaca, kao što su saobraćajni (nailazak na vozilo ili drugu prepreku na putu, mjere regulisanja saobraćaja, neočekivane opasnosti itd), putni uslovi (ulazak u krivinu, održavanje brzine sa spustovima itd.), želje i navike vozača itd. Prema tome, pri izučavanju opterećenja kočnih obloga u stvarnim uslovima eksploatacije moraju da se i ovi činioci obuhvati na adekvatan način. Bez njihovog poznavanja, dobijeni rezultati eksploatacionih ispitivanja statistički ne mogu da se obrade u obliku odgovarajućih kriterijuma, prikladnih za analize pouzdanosti kočnih obloga u širem domenu posmatranja.

Očito je da i subjektivni i objektivni činioci koji utiču na kočenje, tj. na veličinu rada kočenja vozila, imaju u svojoj biti slučajan karakter. To nameće potrebu da se njihovo identifikovanje vrši odgovarajućim statističkim postupcima.

Drugim riječima, odgovarajuća eksploataciona ispitivanja, tj. mjerenja stvarnih vrijednosti osnovnih pokazatelja opterećenja kočnih obloga, treba da se obave u uslovima koji su sa stanovišta dejstva najvažnijih subjektivnih i objektivnih činilaca u što većoj mjeri poznati. Dakle, i za ove činioce moraju se usvojiti određeni pokazatelji.

Saglasno napred iznijetom, kao osnovni pokazatelji činilaca, koji određuju uslove rada, mogu da se usvoje:

- za saobraćajne uslove – intenzitet ili gustina saobraćaja, određena brojem vozila u jedinici vremena ili po jedinici puta,

- za putne uslove – veličina podužnih nagiba (spustova) i krivina, za način vožnje (uslove vozača) – brzina kojom vozač savlađuje određenu putnu dionicu bez kočenja i sl.

Pored toga, kao vrlo indikativne treba tretirati i podatke o vremenu u kome se ispitivanje vrši (mjesec u godini, dan u mjesecu i nejdolji, doba dana), zatim podatke o meteorološkim uslovima (temperatura, pritisak, vlažnost itd), a u izvesnim slučajevima i druge slične podatke.

Da bi se u okolnostima poznatih najvažnijih činilaca koji određuju stvarne potrebe za kočenjem, pa time i stepen opterećenosti kočnih obloga, došlo do rezultata koji mogu da se u dovoljnoj mjeri uopšte, nužno je da se vrijednosti pokazatelja ovih činilaca održavaju na nivoima koji odgovaraju prosiječnim ili karakterističnim uslovima eksploatacije u određenim regionima, tj. u vidu odgovarajućih statističkih veličina.

## 8. Istraživanje funkcionalnih karakteristika sistema za kočenje

Istraživanje funkcionalnih karakteristika sistema za kočenje je oblast u kojoj se duži niz godina veoma mnogo radi i kod nas i u svijetu, sa jednim posebnim osvrtom na uticaj činioca na funkcionalnost karakteristika, čije se zapažanje koristilo samo u smislu poboljšanja projektovanja proizvoda – elementa tehničkog sistema za kočenje. U tom pogledu, definisani su zahtjevi materijala za izradu osnovnih dijelova sistema za kočenje. Osnovni zahtjevi koje treba da zadovolje frikcionni materijali su (Laurence, Nick, 2000):

### 1. Dovoljne vrijednosti koeficijenta trenja

Trenje je jedan od osnovnih i veoma važnih zahtjeva. Visoki koeficijenti trenja moraju se ostvariti, ne samo na niskim ili umjerenim temperaturama, već i pri temperaturama koje se postižu pri snažnim kočenjima (pri zaustavljanju i smanjivanju brzine) i u uslovima teških režima eksploatacije (krivine, spustovi i sl.). Ovo znači da pored toga, što trenje treba da bude veliko, postavlja se i dopunski zahtjev da ono mora biti stabilno u čitavom domenu radnih temperatura.

### 2. Otpornost frikcionnih materijala na habanje

Od ovog zahtjeva zavisi trajnost frikcionnih obloga. Intenzitet habanja kao i stabilnost trenja zavisi od radnih temperatura i značajno utiču na osobine održavanja kočnica vozila, pošto se poslije određenog stepena istrošenja frikcionnih obloga moraju sprovesti odgovarajući postupci održavanja, podešavanje ili zamijena frikcionnih obloga.

### 3. Dobro provođenje toplote

Frikcionni materijali najčešće slabo provode toplotu, odnosno veoma su dobri toplotni izolatori. Time se otežava odvođenje toplote sa frikcionne površine, pa se dostižu veoma visoke radne temperature.

### 4. Visoka fizička i mehanička svojstva

Posjeduju osobine – kao što su: tvrdoća, žilavost, upijanje vode, prilagođavanje metalnim elementima itd. Frikcionni materijali moraju da posjeduju što manja abrazivna svojstva da ne bi došlo do oštećenja kočionih doboša, tj. tvrdoća frikcionnih materijala mora biti manja od tvrdoće površine kočionog doboša. Takođe, veliki broj frikcionnih obloga kočnica vozila izložen je atmosferskim uticajima, pa moraju biti otporne na upijanje vode.

5. Dobra obradivost, tj. sposobnost lakog završnog oblikovanja i podešavanja metalnom elementu dobošu i nosaču frikcionnih obloga.

6. Niska cijena. Zbog brzog istrošenja i velikog broja zamijena u toku vijeka eksploatacije, pitanje cijena frikcionnih obloga veoma je važno.

## 9. Definisanje koeficijenta trenja

Kod frikcionih parova kočnica trenje zavisi od sastava i vrste frikcionog materijala, ali i od vrste i sastava metalnog elementa frikcionog para. Osnovna veličina kojom se određuje proces trenja je sila trenja. Međutim, u praksi se veoma često koristi i druga veličina: koeficijent trenja koji predstavlja odnos između sile trenja i normalnog opterećenja kontakta kočnice:

$$\mu = \frac{F}{N}$$

gdje su:

F – sila trenja,

N – normalna sila.

Koeficijent trenja za pojedine vrste materijala frikcionih obloga određuje se eksperimentalno. Prema preporukama iz literature, pouzdana vrijednost koeficijenta trenja za frikzione parove kočnica je u granicama  $0,45 \div 0,55$  (Liu, Gong, 2013).

Postoji veliki broj materijala za frikzione obloge čeljusti kočnica različitih svojstava, pa se zbog toga mora biti oprezan pri njihovom izboru. Ovdje se navode samo neke od njih.

Ferodo – fibre je pamučno pletivo, koje se obično izrađuje u obliku pojasa različitih širina, u debljini od 3 do 15 mm. Pletivo je impregnirano da bi mu se povećao koeficijent trenja, čvrstoća i otpornost protiv habanja. Za pojedine vrste ovog materijala obično se koeficijent trenja kreće između  $\mu = 0,45$  i  $\mu = 0,55$  a dostiže i do 0,7.

Pri proračunima, kao pouzdana vrijednost ovog koeficijenta, uzima se  $\mu = 0,4$ . Nedostatak ovog materijala je što nije pogodan za kočnice u kojima dolazi do viših temperatura, od  $65^{\circ}$  do  $90^{\circ}$ . Za kratko vrijeme je dopuštena temperatura i  $150^{\circ}$ .

Ferodo asbestos se upotrebljava za kočnice kod kojih dolazi do većih temperatura i do  $350^{\circ}$ . Ovaj materijal je ispletan od dugačkih vlakana azbesta i tankih mesinganih žica. Pletivo je impregnirano. Usljed upletenih mesinganih žica koeficijent trenja ovog materijala je manji nego kod ferodo-fibre, kreće se između  $\mu = 0,3$  i  $\mu = 0,45$ . Ove žice od mesinga služe za odvođenje toplote sa kontaktne površine kočnice.

Drvo se može koristiti kao frikcion materijal za kočnice malih brzina, i to jablanovo. Koeficijent trenja je  $\mu = 0,25$  i  $\mu = 0,3$ . Nezgodna strana primjene drveta je što je osjetljivo na vlagu i što ne podnosi temperature više od  $100^{\circ}$ .

Liveno gvožđe se rijetko upotrebljava za izradu obloga kočnica. Razlog je u tome što uprkos velikom dopuštenom specifičnom pritisku, dimenzije kočnica ispadaju velike, jer je koeficijent trenja mali i iznosi  $\mu = 0,1$ .

## 10. Frikcioni materijal kao uzrok otkaza sistema za kočenje

Ovdje se navode neki tipični primeri iz prakse otkaza sistema za kočenje, a čiji uzrok može da bude materijal frikzione obloge:

1. otkaz: veličine kao što su zaustavni put, put kočenja itd. veće su od projektovanih vrijednosti. Uzrok ovih pojava može biti nedovoljna vrijednost koeficijenta trenja  $\mu$  upotrebljenog frikcionog materijala, a što prouzrokuje nedovoljan kočioni moment odgovarajućih kočnica (Laurence, Nick, 2000).
2. otkaz: nesinhronizovan rad kočnica na vozilu. Uzrok ovim pojavama su različite vrijednosti kočionog momenta, a posljedica upotrebe različitih vrsta materijala sa različitim vrijednostima koeficijenta trenja  $\mu$ . Mogućnost ove pojave potpuno se eliminiše unifikacijom frikcionih materijala.
3. otkaz: nagla kočenja i veliki trzaji pri kočenju mogu da budu posljedica jakog kočionog momenta prouzrokovanog upotrebom frikcionih materijala sa velikim vrijednostima



koeficijenta trenja.

4. otkaz: u toku rada vozila dolazi do opadanja efikasnosti sistema za kočenje, tj. do pada koeficijenta trenja između frikcionih materijala i doboša usljed visokih radnih temperatura (pojava fedinga). Ovo je tipičan primjer prolaznog unutrašnjeg otkaza. Ovakav pad performansi je privremen, jer poslije hlađenja kočnica i dostizanja normalnih radnih temperatura kočnica funkcioniše ispravno. Ovo se naziva „obnavljanje performansi“.
5. otkaz: nedostatak kočionog momenta na pojedinim kočnicama, a kao posljedica geometrijskih impertekcija na kontaktnim površinama, odnosno neravnomjernog nalijeganja frikционе obloge na doboš točka. Ovim se izuzetno mijenja raspodijela površinskog pritiska što značajno pogoršava performanse kočnica. Uzrok je neodgovarajući radijus izrađenog frikcionog materijala papuče. Ovdje mogu nastati dva slučaja:
  - a) poluprečnik doboša je veći od poluprečnika papuče,
  - b) poluprečnik papuče je veći od poluprečnika doboša.Stoga, pri izradi materijala treba oblikovati na mjeru prema precizno definisanoj tehničkoj dokumentaciji.
6. otkaz: u toku rada dolazi do opadanja vrijednosti kočionog momenta pojedinih kočnica, a da pri tome uopšte nema linijskog istrošenja frikcionih obloga. Mogući uzrok otkaza je velika tvrdoća frikcionog materijala, a u uslovima velikih temperatura na kontaktnoj površini dolazi do topljenja materijala doboša i nalepljenog sloja metala na frikcionu materijal, što prouzrokuje pad vrijednosti koeficijenta trenja, a time i gubitak potrebnih kočionih momenata.
7. otkaz: intezivno habanje materijala frikcionih obloga u toku rada vozila što značajno povećava zastoje usljed čestih zamijena frikcionih obloga i podešavanja kočnica. Uzrok je upotreba materijala nedovoljno otpornih na habanje, odnosno nedovoljne trajnosti.
8. otkaz: poslije ugradnje novih frikcionih obloga na kočnicama u početku rada dolazi do znatnih umanjavanja trenja uz povećano habanje. Ovo proističe iz osobine triboloških sistema da u početnim fazama rada postepeno dostižu radne performanse. Da bi se izbjegla ova pojava, potrebno je vršiti razrađivanje ili uhodavanje kočnica u početku rada, odmah poslije zamijene frikционе obloge.
9. otkaz: pojava različitih vrijednosti kočionih momenata, uprkos tome što su upotrebljeni frikcionu materijali istog tipa, ali od različitih proizvođača. Ovo se može objasniti time da je za svaki materijal, osim sastava važan i proces proizvodnje (tehnologije, a koji je u načinu poslovanja tajna proizvođača). Često materijali istog osnovnog sastava, proizvedeni po različitim tehnologijama, pokazuju različite karakteristike, naročito u određenim radnim uslovima.

## 11. Zaključna razmatranja

Kontrola uređaja za kočenje načelno se vrši u stanici za tehničke preglede privrednog društva, koje posjeduje sve uređaje za kontrolu uređaja za zaustavljanje. Prilikom ovog pregleda, provjerava se stanje radne kočnice (efikasnost – koeficijent kočenja kod praznog i opterećenog vozila, razlika sile kočenja na lijevoj i desnoj strani, veličina skokovitog prirasta sile), pomoćne kočnice (efikasnost – koeficijent kočenja, razlika sile kočenja na lijevoj i desnoj strani), parkirna kočnica (funkcionalnost, stanje čelične užadi – oštećenja, uvijanje, zapletenost, korozija, stanje žabica, stanje upravljačke poluge), komanda – papučica radne kočnice (hod – prevelik ili premalen, da li je jastučić protiv klizanja potrošen, labav ili ga nema, zazor u zglobnim elementima, otpor pri pokretanju), komanda – poluga pomoćne kočnice (poluga – da li je iskrivljena ili polomljena, stanje zubaca za držanje, hod – prevelik



ili premali), elementi prenosa sile kočenja (kruti cjevovod – iskrivljenost, učvršćenost, propusnost, korozija, stanje spojeva; elastična crijeva – učvršćenost, propusnost, ispucanost, bubrenje, spojevi; kompresor – nivo i curenje ulja, potrebno vrijeme za postizanje pritiska; pneumatski rezervoari – korodiranost, oštećenost, pričvršćenost; kočioni cilindri – funkcionisanje, oštećenost, korodiranost, curenje ulja; kočione poluge – iskrivljenost, korozija, funkcionalnost; elementi upravljanja i napajanja priključnog vozila – odziv i visina pritiska; elementi ABS sistema – oštećenja, pričvršćenost, signal ABS lampice na kontrolnoj tabli). Pored navedenog, ako se pregled vrši u radionici i rastavljanjem dijelova i sklopova, treba obavezno provjeriti i navesti izgled kočionih papuča i pričvršćenost obloga, izgled kočione površine diska ili doboša, klipova, zaptivnih guma i povratnih opruga. Svrha ispitivanja tehničke ispravnosti jeste da obezbijedi da prednosti dobijene originalnim dizajnom i proizvodnjom vozila, budu zadržane i tokom upotrebe vozila.

## LITERATURA

- Amft, O., Lukowicz, P. (2009). *Od ruksaka do pametnih telefona: prošlost, sadašnjost i budućnost nosivih računara*. IEEE Pervasive Computing 8.3.
- Hamid M. Ali, Zainab S. Alwan, *Car Accident Detection and Notification System Using Smartphone*, <http://ijcsmc.com/docs/papers/April2015/V4I4201599a40.pdf>
- Horvat, B. (2011). *Direktive Evropske unije u oblasti ITS-a*. Diss. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.
- La Porta, Thomas F. i MischaSchwartz (1991). *Arhitekture, mogućnosti i implementacija protokola visokog stupnja prijevoza*. IEEE mreža 5.3.
- Laurence, H., i Nick, M. (2000). *Pregled tehnologija detekcije umora i predviđanja*. NationalRoad Komisija za transport.
- Liu, J., Gong, C., Li, J., Li, J., i Cui, X. (2013). *Socijalno osjetljivo pojačano vladanje vremena za autobus u stvarnom vremenu*. Semantika, znanje i mreže (SKG). Deveta međunarodna konferencija IEEE.
- Opsenica, M. (2019). *Saobraćajni sistemi*. Niš: Visoka škola strukovnih studija za menadžment u saobraćaju.
- Puni, Ray. (1984). *Konceptualizacija vozačkog ponašanja kao izbjegavanje prijetnji*. Ergonomija.
- Zelenika, R., Jakomin, L. (2017). *Suvremeni transportni sustavi*. Rijeka: Ekonomski fakultet sveučilišta u Rijeci.
- Županović, I. (2017). *Tehnologija cestocnog prometa*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.

**Ramo Mulahusejnović, Ph.D.**

**APPLICATION OF DIAGNOSTIC METHODS IN EXPERTISE  
OF TECHNICAL CORRECTNESS OF MOTOR VEHICLES**

*Summary*

The control of the braking device is in principle performed in the station for technical inspections of the company, which has all the devices for the control of the stopping device. During this inspection, the condition of the service brake is checked (efficiency – braking coefficient when the vehicle is empty and loaded, difference between braking force on the left and right side, magnitude of jumping force increase), auxiliary brake (efficiency – braking coefficient, difference between braking force on left and right side), parking brake (functionality, condition of steel ropes – damage, twisting, entanglement, corrosion, condition of frogs, condition of control lever), control – service brake pedal (stroke – too big or too small, whether the anti-slip pad is worn, loose or it is absent, clearance in articulated elements, resistance when starting), control – auxiliary brake lever (lever – whether it is distorted or broken, condition of holding teeth, stroke – too big or too small), braking force transmission elements (rigid pipeline – distortion, tightness, permeability, corrosion, condition of joints, elastic hoses – tightness, permeability, cracking, swelling, joints, compressor – oil level and leakage, required time to reach pressure; pneumatic tanks – corrosion, damage, attachment; brake cylinders – functioning, damage, corrosion, oil leakage; brake levers – distortion, corrosion, functionality; control elements and power supply of the trailer – response and pressure height; ABS system elements – damage, attachment, ABS lamp signal on the control panel). In addition to the above, if the inspection is performed in a workshop and by disassembling parts and assemblies, it is obligatory to check and state the appearance of brake shoes and lining attachment, appearance of disc or drum brake surface, pistons, sealing tires and return springs.

The purpose of technical testing is to ensure that the benefits gained from the original design and manufacture of the vehicle are maintained during the use of the vehicle.

*Key words:* devices, station, technical, inspection, stopping, braking, inspection, efficiency, coefficient, slip, permeability, corrosion, time, functionality, power supply, disk, drum, pistons, return spring, design, vehicle, power supply, disk, drum, pistons, return spring, design.