

PRILOG ISTRAŽIVANJU PROCESA KOČENJA U POGLEDU NEVIDLJIVOG TRAGA PRI UKLJUČENOM ABS-SISTEMU

Prof. dr. Goran Jovanov, email: goran.jovanov@kpu.edu.rs

Kriminalističko policijski univerzitet u Beogradu, Cara Dušana 196, 11000

Prof. dr. Živoslav Adamović, email: zivoslav.adamovic@fpn.rs

Fakultet primenjenih nauka u Nišu, Dušana Popovića 22 Niš, 18000,

Prof. dr. Nikola Manojlović, email: nikolad.manojlovic@gmail.com

Internacionalni univerzitet travnik u Travniku

MSc, Nemanja Jovanov, doktorand, email: nemanjajovanov@gmail.com

Tehnički fakultet u Boru, Vojske Jugoslavije 22

MSc Dejan Spasić, doktorand, email: weldspad@yahoo.com

Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin" u Zrenjaninu, Ul. Đure Đakovića bb, 23000

Sažetak: Iskustva pokazuju da je proces kočenja praćen i elementima slučajnog karaktera, tako da ga je nemoguće jednoznačno opisati. Zato se regulaciona logika na vozilima projektuje na osnovu eksperimentalnih razvojnih istraživanja. Najnoviji elektronski regulisani kočni sistemi, vrše automatsku raspodelu sila kočenja, kako po osovinama, tako i po stranama vozila, čime su znatno poboljšane performanse i pouzdanost kočenja. Elektronski kočni i drugi sistemi vozila, integrisani u inteligentne transportne sisteme, treba da budu osnova za analize i prognoze budućeg razvoja vozila i bezbednost u eksploataciji. Na osnovu statističkih podataka, analizirane su mogućnosti preventivnog delovanja ovih uređaja na uzroke nastanka saobraćajnih nezgoda i procene njihovog uticaja na smanjenje posledica sudara. Osnovni cilj ovog rada jeste otkrivanje pravih pitanja u vezi tehničke, a posebno kompjuterske dijagnostike motornih vozila, upoznavanje povezanosti teorije i prakse novih tehnologija istraživanja. Cilj istraživanja jeste otkriće dominantnih činilaca uspeha savremene tehnologije za dijagnostiku motornih vozila.

Ključne reči: aktivna bezbednost, efektivnost, prevencija, pouzdanost

ENCLOSURE TO THE RESEARCH OF THE BRAKING PROCESS IN THE VIEW OF INVISIBLE TRAWS ON THE INCLUDED ABS SYSTEM

Abstract: Enclosure shows that the braking process is followed by elements of a random character, so it is impossible to describe it uniquely. Therefore, the regulatory logic on vehicles is designed on the basis of experimental developmental research. The newest electronically regulated braking systems perform automatic distribution of braking force both on axles and on the sides of the vehicle, which significantly improve the performance and reliability of braking. Electronic brakes and other vehicle systems, integrated into intelligent transport systems, should be the basis for analyzes and forecasts of future vehicle development and safety in exploitation. Based on statistical data, the possibilities of preventive action of these devices on the causes of traffic accidents and their impact on the impact of collisions were analyzed. The main goal of this paper is to discover the right questions regarding technical, and in particular, computer diagnostics of motor vehicles, familiarization of the connection between theory and practice of new research technologies. The aim of the research is to discover the dominant factors of the success of modern technology for the diagnosis of motor vehicles.

Key words: Active safety, effectiveness, prevention, reliability

Uvod

Utvrđivanje brzine vozila je najvažniji faktor kod rekonstrukcije saobraćajnih nezgoda. Poznavanje brzine vozila pre saobraćajne nezgode omogućuje da se izvrši prostorna i vremenska analiza, kao i da se odrede uslovi i mogućnosti za izbegavanje nezgode. Najveću tačnost bi imali ukoliko bi vozila bila opremljena uređajem za kontinuirano merenje i memorisanje brzine, što od strane proizvođača automobila još uvek nije nagovešteno kao rešenje ovog problema u bliskoj budućnosti. U takvoj situaciji, do informacija o brzini kretanja vozila dolazi se na osnovu dužine traga kočenja koji predstavlja samo deo puta kočenja i puta zaustavljanja. Do danas nije razjašnjena kvalitativna zavisnost između dužine traga kočenja i puta kočenja, pa se deo ovog rada može iskoristiti za analizu procesa kočenja i uspostavljanje određenih zavisnosti u slučajevima kočenja, sa ili bez uređaja protiv blokiranja točkova i utvrđivanja „nevidljivog traga“ kočenja. Elektronski kočni i drugi sistemi vozila, integrisani u inteligentne transportne sisteme, treba da budu osnova za analize i prognoze budućeg razvoja vozila i bezbednost u eksploataciji. U klasičnim rešenjima sistema za kočenje, važan element za analizu uzroka saobraćajnih nezgoda obuhvatao je određivanje puta kočenja pomoću tragova koje točkovi ostavljaju na kolovozu prilikom blokiranja. Međutim, danas je sve veći broj vozila opremljen uređajima protiv blokiranja točkova pri kočenju, zbog čega na kolovozu više ne ostaju vidljivi tragovi, čak ni posle najoštrijih kočenja. To otvara nove prostore za istraživanje i analize mogućnosti uticaja i efekata uređaja protiv blokiranja točkova pri kočenju, na pojavu nezgoda i njihove posledice.

1. Savremeni kočni sistemi

Mnoga istraživanja u poslednjih 30 godina, su jasno pokazala da povećanje performansi kočnih sistema predstavlja veoma bitan aspekt povećanja bezbednosti. Ranije navedeno pokazuje da se unapređenje bezbednosti saobraćaja ne može realizovati samo preko vozača. Neefikasnost vozača može biti delimično ili potpuno kompenzovana primenom upravljačkih sistema na vozilu, koji imaju cilj zatvaranje kruga vozač – vozilo – okolina na mnogo korektniji i brži način. „Procene“ elektronskih sistema su objektivne, a brzina reakcije je veoma velika. Većina sistema aktivne bezbednosti realizuje se kroz kočni sistem. Ovi sistemi se mogu podeliti u tri grupe:

- Prva grupa obuhvata sisteme koji od davača primaju informacije o aktuelnom stanju vozila i deluju tako da stavljaju u funkciju određene aktuatora na vozilu (npr. SPB, ASR, itd.);
- Druga grupa podrazumeva sisteme kojima su dostupne informacije i od nekih dodatnih davača, ali prikupljaju i informacije iz okoline, saobraćaja itd. Ovi sistemi, takođe, deluju na aktuatora na vozilu. Takvo je npr. adaptivno upravljanje vožnjom (Adaptive Cruise Control);
- Treća grupa podrazumeva i inteligentnu infrastrukturu koja vozilu predaje informacije o kolovozu, saobraćaju i ostalim uslovima, ali podrazumeva i mogućnost vozila da komunicira sa infrastrukturom

Savremeni kočni sistemi privrednih vozila zadržavaju komprimirani vazduh kao energetski izvor, ali se za kontrolu kočnog sistema koristi elektronika, tj. vozačev zahtev za kočenjem se elektronski meri i prenosi do ventila koji povezuju rezervoar sa kočnim cilindrom. Ovo svakako utiče značajno na smanjenje vremena odziva sistema. Postiže se i veća kompaktnost sistema sa manje komponenti, većim nivoom integracije, što rezultira manjom cenom sistema. Signali potrebni za optimalnu raspodelu kočnih sila mere se elektronski (npr. opterećenje osovina, ugaona brzina točka, itd.). Problem kompatibilnosti vučnog i priključnog vozila je automatski

rešen, adaptiranjem kontrolnog algoritma priključnog vozila i usklađenom kontrolom kočnog pritiska. Kao rezultat permanentne aktivnosti proizvođača vozila i opreme za vozila u pravcu razvoja novih tehničkih rešenja, čija primena smanjuje verovatnoću neželjenog ponašanja vozila, razvijaju se elektronski upravljački sistemi koji predstavljaju napredak u odnosu na napred prikazane sisteme. Uloga sistema je da detektuje aktuelnu putanju vozila i uporedi je sa optimalnom dinamikom vozila, te interveniše u skladu s tim, koristeći postojeće aktuatora, dakle, upravljanje dinamičkom stabilnošću vozila – DSC (Dynamic Stability Control). Često se koristi skraćenica ESP (Electronic Stability Program). Kako bi uspešno izvršio misiju sistem u odnosu na EBS (Electronic Brake System) koristi dva, eventualno tri, pridodana davača:

- davač ugla točka upravljača, koji prenosi zahteve vozača po pitanju pravca kretanja,
- davač kretanja oko vertikalne ose na vučnom vozilu, a retko i
- davač podužnog i bočnog ubrzanja.

Ovi signali obezbeđuju dovoljno informacija o ponašanju vozila DSC, a kontrolor može sračunati aktuelno i željeno ponašanje vozila. Sistem automatski podržava vozača u održavanju željene putanje. S tim u vezi, neke odluke u ozbiljnim situacijama sa stanovišta stabilnosti, ne mogu biti prepuštene vozaču. Sistem je dakle u mogućnosti da aktivira kočnice na točkovima vučnog ili priključnog vozila, nezavisno od namere vozača. Isto tako, sistem ima mogućnost da kontroliše i komunicira sa motorom.

2. KOČNI SISTEMI I BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA

Postoje brojni dokazi da kočni sistem utiče na bezbednost saobraćaja više od ostalih sistema na vozilu. Istraživanja provedena u Švedskoj pokazuju da je u preko 50% slučajeva vozilo pre udesa bilo kočeno, a analizom o bezbednosti privrednih vozila u Evropi, se došlo do podatka da su vozila pre udesa bila kočena u 38% slučajeva. I statističke informacije o neispravnosti vozila tokom periodične provjere ispravnosti od Swedish Motor Vehicle Inspection Company (1992), na uzroku od 3.3 miliona vozila starosti, dve ili više godina, pokazuju da neispravnosti kočnog sistema u ukupno uočenim neispravnostima učestvuju sa 26.9%, od toga su 15.7% neispravnosti radne, a 11.2% neispravnost parkirne kočnice. Pregled ispravnosti vozila obavljen od strane Victorian Automobile of Commerce (1994), na uzroku od 5 000 vozila u trenutku promene vlasnika, posebno ukazuje na činjenicu da je na 40% vozila zapažena neispravnost na kočnom sistemu, te kod 30.1% vozila, neispravnost na točkovima-pneumaticima, koji takođe značajno utiču na kočne performanse i bezbednost saobraćaja uopšte. Već danas, faktički vodeći proizvođači vozila stvaraju pretpostavke za potpuno smanjenje rizika od nastanka saobraćajne nezgode i minimiziranje mogućeg negativnog uticaja vozača. Podržana napretkom u oblasti elektronike, vozila sa „by wire“ sistemima („by wire“ vozila) imaju ugrađene osobine koje omogućavaju detekciju/upozorenje/preduzimanje akcije s ciljem izbjegavanja kritične saobraćajne situacije.

2.1. ABS – Anti-lock Braking System

ABS je danas dio standardizovane opreme većine novih automobila. U osnovi ABS funkcioniše na relativno jednostavan način. Koristi se hidrauličkim i elektronskim sistemima, te senzorima na svakoj od kočnica. Prilikom kočenja senzor proračunava rotacijsku brzinu točka, te informacije šalje procesoru koji upoređuje dobivene parametre s rezultatima ostalih točkova. Ukoliko elektronska jedinica proceni da određeni točak ima znatno viši stepen deceleracije od ostalih (znak da je kočnica na rubu blokiranja), hidraulički sistem opustiće pritisak kako bi deceleraciju tog točka izjednačio. ABS nam takođe pomaže da primenimo jednaku kočnu silu na sve točkove u situaciji kada se oni nađu na različitim podlogama koje imaju različit nivo

trenja. Tako će točak na podlozi s manjim trenjem, lakše zablokirati od onog na podlozi s većim trenjem. Kada blokira samo određeni par točkova ili određena strana vozila, vozač najčešće gubi kontrolu, a automobil se zavrti oko osi, što ABS uspješno rešava. Možda najveći problem ABS-a, je u sigurnosti koju uliva vozačima. Mnogi misle da je ABS svemoguć, i sposoban izvući ih iz bilo kakve situacije u kojoj se svojom nespretnošću i neprilagođenom brzinom mogu naći, ali to je varka. Stoga treba znati da pri nekoliko kilometara na sat većoj brzini od predviđene, nikakav sigurnosni sistem neće spasiti. Dodatni problem ABS-a je prvi sloj snega koji često zavarava sistem, pa on postane preosetljiv. Stoga bi oni koji imaju vozilo s ABS-om trebali biti oprezniji na snegu, te isprobati njegove reakcije prije uključanja u saobraćaj. Procenjuje se da su uređaji protiv blokiranja točkova najviše doprineli poboljšanju aktivne bezbednosti vozila. Od njih se traži da pri kočenju spreče blokiranje točkova i omoguće upravljivost vozila u uslovima smanjenog prijanjanja. Isto tako, od njih se očekuje da povećaju stabilnost vozila pri kočenju, a eventualno i smanje zaustavni put vozila. Međutim, i pored značajnih koristi od ovog sistema, stvorene su i zablude o njihovim stvarnim mogućnostima, pa se zapravo postavlja pitanje: Šta ABS može a šta ne može? Sa razvojem brzinskih performansi, konstruktori automobila su morali voditi računa i o mogućnostima njihovog zaustavljanja, pri čemu su kočni sistemi takođe doživljavali stalni napredak. Prvi automobili su bili kočeni poteznim užadima, a osnovu savremenijeg kočnog sistema predstavlja hidraulična doboš kočnica. Međutim, te kočnice su imale i svoje mane koje su se ogledale u velikoj težini, maloj izdržljivosti, prevelikoj emisiji toplote koja je dovodila do „fadinga“ itd. Klasični kočni sistem je 70-tih godina prošlog veka usavršen konstrukcijom disk-kočnice, koja je tražila veću silu kočenja. Tako je nastao sistem za povećanje sile kočenja, tzv. servo uređaj. Na ovakav način ostvarene su velike sile kočenja koje su stvorile i nove probleme. Došlo je do blokiranja točkova, čime je umesto da bude skraćen, put zaustavljanja produžen, a vozila su postala neupravljiva. Zbog ove činjenice započelo se sa radom na konstrukciji sistema protiv blokiranja točkova. Počeci se vezuju za 1965. godinu, a već nakon dve godine su se desile i probne vožnje. U 1970. godini, analogna tehnologija zamenjena je digitalnom, što je stvorilo velike mogućnosti za dalji razvoj ovih uređaja. Promocija prvog uređaja protiv blokiranja točkova u serijskoj opremi vozila, desila se 1973. godine na sajmu automobila u Frankfurtu. Od tada do danas, razvijene su četiri generacije ABS-a koje već predstavljaju imponantan uspeh. Međutim, zahvaljujući razvoju elektronike i novih materijala, za očekivati je da se ubrzo pojave i naprednije verzije ovih uređaja. Danas je u razvoju nova generacija ovih sistema koja treba da održava stabilnost sa nezavisnim kočenjem svakog točka pojedinačno, smanjenjem snage motora i automatskom promenom stepena prenosa. Pored toga, promovisan je i sistem kočenja žicom, koji hidrauličku instalaciju zamenjuje električnom, pa se komanda za kočenje prenosi na kočeni točak gotovo trenutno. Današnja vozila su opremljena visoko sofisticiranim elektronskim i mehaničkim sistemima, sa različitim nazivima zavisno od proizvođača. Na primer, proizvođač ovih uređaja Bosch, koristi sledeće nazive:

- ABS (Antilock Braking System)- uređaj protiv blokiranja pri kočenju,
- EBD (Electronic Brake Force Distribution) – sistem za raspodelu kočne sile između prednjih i zadnjih točkova,
- ASR – sistem za kontrolu proklizavanja pogonskih točkova pri kretanju,
- MSR – sistem redukcije momenta kočenja motorom prilikom promjene u niži stepen prenosa,
- VDC (Vehicle Dynamic Control) – sistem za kontrolu dinamičke stabilnosti vozila,
- EVA (Emergency Valve Assistance) – sistem za asistenciju zadržavanja pritiska kočenja pri paničnom kočenju,

•HBA (Hidraulic Brake Assistance) – sistem za asistenciju automatskog povećanja kočnog pritiska pri paničnom kočenju,

•TC – sistem za blokadu diferencijala pomoću kočnog sistema.

Radi lakšeg razumijevanja, pomenuće se da se sistem za dinamičku kontrolu stabilnosti npr. kod „BMW“-a, naziva DSC- Dynamic Stability Control, kod „FORDA“ IVD-Interactive Vehicle Dynamic, a kod „MERCEDESA“ ESP – Electronic Stability Program.

2.1.1. ABS – Zaustavni put

Zaustavni put kod vozila sa ABS-om na suvom kolovozu je ipak nešto kraći u odnosu na vozila bez ABS-a. Razlog tome je, što je trenje između guma i koloseka najveće kada klizanje (Schlupf) točkova leži između 10% i 30% (efekat uzubljenja guma) na hrapavom koloseku. U tom području radi ABS. Na mokrom kolovozu je prednost ABS-a još veća. Točak koji blokira sklon je vodenom efektu, tako da nema više trenja između gume i asfalta, već trenje između gume i vode. Na podlozi sneg, pesak ili blato, zaustavni put kod vozila sa ABS-om može biti duži. Naime točak koji blokira, gura sneg (pesak ili blato) pred sobom i to se „uklini“ ispod točka, dok kod ABS-a točkovi dalje rotiraju .

Među mnogobrojnim istraživanjima koja su posvećena primjeni uređaja protiv blokiranja točkova, nalazi se i reprezentativni istraživački program NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration), u SAD-u [38]. Ovim programom istraživanja bila su obuhvaćena laka vozila (putnički automobili i laka teretna vozila). Nakon sređivanja rezultata istraživanja, zaključeno je da je bilo malo, ili nije bilo nikakve koristi, od primene uređaja protiv blokiranja točkova na ovim vozilima.

Osnovna zapažanja su vezana za sledeće:

1. Značajno je smanjen broj saobraćajnih nezgoda u kojima učestvuje veći broj vozila na vlažnim i nepogodnim uslovima površine puta,
2. Značajno je smanjena smrtnost pešaka u saobraćajnim nezgodama,
3. Značajno je povećan broj saobraćajnih nezgoda u kojima je učestvovalo jedno vozilo.

Rezultati istraživanja su bili pomalo iznenađujući, jer su stručnjaci koji se bave ispitivanjem vozila sa uređajima protiv blokiranja točkova, tvrdili da će široka primena ovih uređaja značajno smanjiti broj saobraćajnih nezgoda i bitno povećati bezbednost vozila u saobraćaju.

2.2. Uticaj ABS -a na tragove kočenja

Povećanjem broja vozila sa ugrađenim uređajima protiv blokiranja točkova, postaje i sve izraženiji problem kako utvrditi njihovu brzinu kretanja nakon saobraćajne nezgode, što je do sada vršeno uglavnom na osnovu tragova kočenja. Utvrđivanjem brzine kretanja vozila, dobijaju se dragocene informacije o mogućim načinima i uzrocima nastanka saobraćajnih nezgoda, što čini osnovu za njihovu analizu i rekonstrukciju. Zbog ove činjenice, ostali tragovi nastali u saobraćajnoj nezgodi će dobijati sve više na značaju, ali i dalje će tragovi kočenja nositi osnovne informacije o načinu i brzini kretanja vozila pre kočenja, pa im se poklanja i posebna pažnja. Razlikujemo tri vrste objektivnih tragova:

- na mestu nezgode (tragovi kočenja, polomljeni delovi vozila, izjave učesnika nezgode),
- na vozilima (oštećenja vozila),
- na učesnicima u nezgodi (povrede i drugi tragovi).

Tragovi kočenja, kao najvažniji faktor, su vezani za mesto nezgode i nastaju u kontaktu pneumatika sa putnom podlogom. Pod pojmom „tragovi kočenja“, koji nastaju za vreme kočenja točkova, misli se na sve tragove koji se mogu podeliti na:

- tragove blokiranja koji su dobro uočljivi,
- interval-tragove koji nastaju u prekidima,
- ABS tragove koji obično nisu lako uočljivi.

Druga podela tragova koji nastaju pri delimičnom proklizavanju točkova, može da se izvrši na sledeći način:

- Tragovi usporavanja (obično nastaju prilikom usporavanja vozila dok se točkovi istovremeno okreću i proklizavaju, nastaju pre početka potpunog blokiranja točkova i teško ih je markirati),
- Tragovi ubrzavanja (nastaju prilikom naglog ubrzanja vozila sa mesta, ostavljaju ih samo pogonski točkovi),
- Tragovi bočnog proklizavanja (mogu nastati i pri rotaciji i pri blokadi točkova),
- Kombinovani tragovi (predstavljaju kombinaciju klizanja sa tragovima usporavanja ili ubrzavanja vozila), i dr.

Tragovi blokiranja pri ekstremnom kočenju, nastaju usled sprečavanja točkova da se okreću, pa se delovi pneumatika otkidaju i lepe za kolovoz, ili se bitumen, kao vezivno sredstvo asfalta zagreva usled kočenja, pa nastaju intenzivni i veoma postojani tragovi kočenja. Međutim, na vlažnim kolovozima ovi tragovi neće biti tako izraženi, jer voda snižava temperaturu u tolikoj meri da neće doći do topljenja bitumena, a pri tome voda deluje i kao lubrikant između pneumatika i kolovozne površine. Na betonskim podlogama ostaju samo tragovi od pneumatika, jer nema bitumena, manje su izraženi i manje postojani. Tragovi proklizavanja nam pokazuju položaj točkova koji su ih ostavili na putu, ali nam govore i o tome da su točkovi zaustavljeni forsiranim kočenjem. Ukoliko nema tragova kočenja, znamo da nije bilo forsiranog kočenja ili da kočni sistem nije bio ispravan. Prilikom ekstremnog i paničnog kočenja, pritisak u kočnoj instalaciji dostiže 220 bara za 150 m/s, a blokiranje točkova nastaje već pri pritisku u instalaciji od 80 do 100 bara. Na suvom asfaltnom putu pre vidljivih tragova kočenja, pojaviće se tzv. „nevidljivi trag“ koji se golim okom ne može primetiti, jer se ne uočava optička razlika prelaza traga kočenja u trag blokiranja. Tragovi kočenja zavise od mnogo faktora koji su merodavni za njihovo nastajanje. Na oblik i vrstu traga mogu uticati:

- pneumatici,
- opterećenje točkova,
- površina kolovoza,
- proklizavanje (blokiran točak, vozilo sa ABS-om),
- temperatura,
- vremenski uslovi, itd.

U Nemačkoj su još 1958. godine provedena istraživanja čiji rezultat je sažet u preporuci da se nevidljivi trag računa u dužini od 2m, jer se za to vreme između pneumatika i asfalta ne razvije dovoljno visoka temperatura da omogući topljenje bitumena. Istraživanjem provedenim u DEKRI 1981. god. utvrđeno je da tragovi kočenja nastaju pri 30% proklizavanju točkova, sa tolerancijom +/- 10%. Uređaji protiv blokiranja točkova sprečavaju blokiranje točkova pri kočenju pa se ostvaruje samo delimično klizanje, čija vrednost je u granicama proklizavanja od 2-12%. Prepoznavanje tragova kočenja, kad se koči uz asistenciju uređaja protiv blokiranja točkova, je vezano sa problemom objektivizacije ocene, jer prepoznatljivost nije vezana sa mernim veličinama pa se ne može ni kvantifikovati. Pored toga, jedan ABS trag može biti izraženiji od traga blokiranja, što zavisi od vrste i stanja pneumatika, površine kolovoza,

temperature, itd. I ovim problemom su se bavili istraživači u DEKRI, nakon čega su sačinili skalu intenziteta traga pomoću raznih oblika pojava i stepena prepoznatljivosti, u intervalu između 0% („nikakav trag“) i 100% („maksimalni trag“). Intenzitet te skale od 50-100%, predstavlja varijaciju neprekidnih tragova koje ostavljaju blokirani točkovi.

3. EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA TRAGOVA KOČENJA VOZILA SA ABS-SISTEMOM

Zbog značaja za bezbednost saobraćaja i sigurnost putnika u vozilima, postala su veoma popularna ispitivanja performansi kočnog sistema, a posebno ona koja upoređuju mogućnosti klasičnih kočnih sistema i sistema sa ugrađenim uređajima protiv blokiranja točkova. Načini vršenja homologacijskih ispitivanja su precizno propisani serijom ECE Pravilnika br.13, dok sva druga ispitivanja mogu da se izvode na način kako to ko želi, zavisno od cilja istraživanja. Proizvođači i trgovci promovišu rezultate istraživanja koji treba da stvore što bolju predstavu o vozilu u očima budućeg kupca. S druge strane, nezavisni ocenjivači žele da upoznaju javnost i sa lošim stranama ispitanih vozila, pa su rezultati jednih i drugih često i veoma različiti, ali tek zajedno stvaraju kompletnu predstavu o dobrim i lošim stranama ispitivanih modela vozila. Ispitivanja vozila u stvarnim eksploatacijskim uslovima mogu biti vrlo objektivna, ukoliko je dovoljno reprezentativan uzorak sa aspekta broja vozila ili obima ispitivanja njihovih performansi. S obzirom na to da svako istraživanje sa sobom donese i nove činjenice, dobro je i vlastitim eksperimentom doći do novih saznanja koja u korelaciji sa drugim mogu dati odgovore na pitanje kako u što većoj mjeri ovladati saobraćajnim rizikom. Merenje performansi kočnog sistema u uslovima aktiviranog i deaktiviranog uređaja protiv blokiranja točkova motivisano je rezultatima istraživanja uzroka saobraćajnih nezgoda u našim uslovima, gde je konstatovano da se najviše saobraćajnih nezgoda dogodi na asfaltnoj suvoj površini i u uslovima dnevne vidljivosti. Pored toga, najveći broj primarnih kontakata među vozilima u sudaru se ostvari između prednjeg i zadnjeg dela vozila, pa je fokus istraživanja usmeren upravo na ove situacije. S obzirom na to da su najveće prednosti uređaja protiv blokiranja točkova vezane za uslove vožnje pri smanjenom prijanjanju, isti eksperiment je izvršen i na mokroj asfaltnoj i betonskoj podlozi i sa istim vozilom. Konačni cilj istraživanja je da se dobijeni rezultati uporede sa rezultatima sličnih istraživanja i da se izvedu zaključci u kojim situacijama i kakav bi uticaj imali uređaji protiv blokiranja točkova pri kočenju na uzroke i posledice saobraćajnih nezgoda.

3.1. Merni uređaj

Kombinovani merni uređaj Vericom VC 3000 prikazan na (slici br 1.) je dinamometar sa kompjuterom za ispitivanje kočnica. U ovom momentu smatra se jednim od modernijih i pouzdanijih uređaja za ispitivanje kočnica kod analiza saobraćajnih nezgoda. Sastoji se od tri glavne komponente;

Merača ubrzanja - kristalnog sata- mikrokontrolora.



Slika br.1. Merni uređaj Vericom VC3000

Uređaj se montira na vetrobransko staklo sa vakum šoljama. Merač usporenja radi na inercionom principu. Za potrebe mernog uređaja VC 3000 razvijen je programski paket Vericom Profile 3 koji je dizajniran da bude PC kompatibilan. Profile je Windows program koji je jednostavan za korišćenje, ali predstavlja moćnu alatku.

Sa njim se mogu:

- organizovati i analizirati podaci, vršiti poređenja podataka, čuvati podaci na disku, načiniti grafikoni bilo koje kombinacije X i Y osa, predstaviti podaci u obliku tabele, obaviti štampanja rezultata mjerenja, nadoknaditi gubici snage nastale zbog otpora vjetra, trenja i aerodinamičkih uslova, korigovati snagu i moment na standarde nivoa mora, računati otpor vjetra i trenje, primeniti i oceniti brojne formule, načiniti grafikoni bilo kojeg segmenta krive, sagledati prosečne vrednosti mnogih podataka.

Zahtevi hardvera su da kompjuter mora biti PS kompatibilan, sa Windowsom kao i da ima USB port ili nekorisćeni RS232 serijski komunikacioni port.

3.2. Plan i program eksperimenta

Za eksperiment je odabran manevar zaustavljanja vozila na pravcu, što daje najviše mogućnosti za valjanu ocenu efikasnosti i stabilnosti vozila. U tu svrhu nije vršena nikakva priprema staze. U svim serijama ispitivanja performansi kočnih sistema, sa i bez ABS uređaja, korišćeno je tzv. "panično kočenje", što znači da se na papučicu kočnice delovalo ekstremno, silom koja je izazivala blokiranje točkova ili bi mogla prouzrokovati blokiranje točkova da nije bilo asistencije ABS uređaja. Odluka o tome da se koči na ovakav način, donesena je na osnovu pretpostavke da većina vozača u opasnim situacijama mahinalno pritiska papučicu kočnice silama koje izazivaju blokiranje točkova. To i jeste bio cilj da se vidi da li bi u takvim situacijama uređaj protiv blokiranja točkova doprinio mogućnostima izbegavanja saobraćajnih nezgoda, jer je pretpostavka da ima veću efikasnost od konvencionalnih kočnih sistema. U početnoj fazi eksperimenta, vršena su po tri merenja za istu brzinu, sa namerom da se računa sa srednjim vrednostima dobijenih rezultata. Međutim, uočeno je da za tim nema potrebe, jer je pri merenju eliminisana mogućnost bilo kakve greške, pa nema ni potrebe za ponavljanjem merenja u svrhu dobijanja srednje vrednosti. Zbog toga su neka merenja izvršena samo jedanput. Kod nekih merenja su vršena ponavljanja zbog toga što je cilj postići što tačnija zadata početna brzina. Početne brzine vozila su izabrane sa korakom od 20 km/h, sa početnih 20 km/h do brzina koje su se mogle postići zavisno od uslova zalijetanja i performansi vozila u pogledu bezbednosti.

3.3. Rezultati eksperimentalnih merenja

Merenjem su dobijeni podaci o brzini vozila u momentu aktiviranja kočnog sistema, vreme do potpunog zaustavljanja vozila, put kočenja, srednje usporenje, maksimalno usporenje, srednje bočno usporenje i maksimalno bočno usporenje. Za potrebe obrade i ocene rezultata merenja u postupku komparacije izračunati su i putevi zaustavljanja za zadatu brzinu. Dobijeni rezultati eksperimentalnih istraživanja su prikazani u tabelarnom obliku za sve serije mjerenja.

Tabela 1. Rezultati mjerenja na suvom asfaltu sa uključenim ABS-om

R.b.	Brzina [km/h]	Vrijeme [s]	Put [m]	a_{sr} [m/s ²]	a_{max} [m/s ²]	a_{lsr} [m/s ²]	a_{lmax} [m/s ²]	Zadata brzina v_z [km/h]	Put za v_z [m]
1.	39,82	1,81	9,29	6,111	10,203	-0,115	-0,673	40	9,30
2.	58,87	2,48	19,20	6,593	9,952	-0,107	-0,524	60	19,28
3.	79,13	2,76	32,33	7,964	10,185	-0,117	-1,077	80	34,40

4.	98,92	3,25	47,24	8,455	10,209	-0,101	-0,677	100	47,33
5.	119,31	3,88	67,58	8,542	11,384	-0,207	-0,941	120	67,66
6.	138,47	4,48	90,16	8,586	10,746	-0,070	-0,859	140	90,35
7.	160,28	5,17	120,9	8,612	10,191	-0,235	-1,383	160	120,9

Iz tabele br.1 se vide podaci za: brzinu u momentu aktiviranja kočnog sistema, vreme do potpunog zaustavljanja vozila, put kočenja, srednje usporenje- a_{sr} , maksimalno usporenje- a_{max} , srednje bočno usporenje- a_{lsr} , maksimalno bočno usporenje- a_{lmax} , zadata brzina- v_z i put zaustavljanja za zadatu brzinu. Iz tabele br.1 se vidi da u seriji merenja na suvom asfaltu sa ABS-om srednje usporenje raste u celom brzinskom intervalu od 40 do 160 km/h, sa početnih 6,11 do 8,61 m/s². U tabeli br.2 su prikazani rezultati merenja na suvom asfaltu sa isključenim ABS-om. Evidentan je rast srednjeg usporenja od 3,308 do 6,89 m/s².

Tabela 2. Rezultati merenja na suvom asfaltu sa isključenim ABS-om

R.b.	Brzina [km/h]	Vrijeme [s]	Put [m]	a_{sr} [m/s ²]	a_{max} [m/s ²]	a_{lsr} [m/s ²]	a_{lmax} [m/s ²]	Zadata brzina v_z [km/h]	Put za v_z [m]
1.	23,58	1,98	3,59	3,308	11,170	-0,090	-0,818	20	3,40
2.	41,84	1,80	11,50	6,456	9,259	0,044	-1,043	40	11,41
3.	59,77	2,47	21,77	6,722	10,042	0,153	-1,104	60	21,79
4.	78,94	3,27	37,52	6,705	10,381	-0,347	-1,096	80	37,52
5.	99,08	4,29	61,90	6,415	10,303	0,151	-1,322	100	62,01
6.	117,12	4,72	79,00	6,892	10,862	-0,458	-1,977	120	79,40

3.3.1. Rezultati merenja puta kočenja u matrici testiranja

Uporedni rezultati izmerenog puta kočenja su prikazani u tabeli broj 3.

Tabela 3. Uporedni rezultati izmerenog puta kočenja

Podloga	Stanje podloge	Brzina- v [km/h]	Put kočenja- s [m]	
			Sa ABS-om	Bez ABS-a
Asfalt	Suva	20	-	3,40
		40	9,30	11,41
		60	19,28	21,80
		80	34,40	37,35
		100	47,33	62,01
		120	67,66	79,40
		140	90,35	-
		160	120,91	-
		160	130,28	-

Iz tabele br.3. se vidi da je put kočenja kod vozila bez ABS-a duži pri istim brzinama i dužinama puta, nego kod vozila sa ABS-om i da vozila krećući se brzinom većom od 120 km/h na suvoj podlozi gube stabilnost i nemoguće je izmjeriti put kočenja.

3.3.2. Rezultati merenja traga kočenja

U jednoj seriji merenja na suvoj asfaltnoj podlozi, pri kočenju sa isključenim uređajem protiv

blokiranja točkova, izvršeno je merenje traga kočenja kako bi se analizirao i utvrdio odnos dužine zaustavnog puta i traga kočenja. Uporedni prikaz puta kočenja i izmerenih tragova kočenja dat je u tabeli 4.

Tabela br.4. Rezultati tragova kočenja

Rb	Suv asfalt bez ABS-a		
	Brzina [km/h]	Put kočenja[m]	Trag kočenja [m]
1.	59,00	23,30	18,30
2.	79,60	38,40	32,10
3.	99,10	61,90	49,60

Iz tabele je vidljivo da je trag kočenja na suvom asfaltu duži pri većoj dužini puta i većoj brzini.

4. ZAKLJUČAK

Obavljena eksperimentalna istraživanja su obuhvatila ocenu efikasnosti kočnog sistema, sa i bez asistencije uređaja protiv blokiranja točkova, na asfaltnim i betonskim podlogama, u uslovima normalnih i smanjenih mogućnosti prijanjanja i pri različitim brzinama, kako bi se izvukli zaključci o efektivnosti primene uređaja protiv blokiranja točkova na istraživanom uzorku. Nakon sprovedenih eksperimentalnih istraživanja i poređenja dobijenih rezultata sa rezultatima ocene i analize uzroka i posledica saobraćajnih nezgoda, kao i upoređenja sa rezultatima drugih istraživanja, mogu se izvesti i određeni zaključci o uticaju uređaja protiv blokiranja pri kočenju na uzroke i posledice saobraćajnih nezgoda. Na suvoj asfaltnoj podlozi se ostvaruju značajno veća usporenja sa ABS-om, a na mokrim površinama, uloga ABS-a dobija na značaju sa povećanjem brzine iznad 80 km/h. To znači, da će veći rizik od povreda pri velikim brzinama, imati putnici u vozilima opremljenim sa uređajima protiv blokiranja točkova, jer se ostvaruju veća maksimalna i srednja usporenja. Ovo istraživanje je pokazalo da uređaji protiv blokiranja točkova nemaju prednost u svim eksploatacijskim uslovima vozila, u odnosu na klasične kočne sisteme, pa će se u narednom vremenu nastaviti sa ubrzanim razvojem ABS-a i njegovih elektronskih nadgradnji. Ovo istraživanje je pokazalo da uređaji protiv blokiranja točkova nemaju prednost u svim eksploatacijskim uslovima vozila, u odnosu na klasične kočne sisteme, pa će se u narednom vremenu nastavljati sa ubrzanim razvojem ABS-a i njegovih elektronskih nadgradnji. Pored toga, dalji razvoj konstrukcija kočnih sistema, vešanja i pneumatika će doprineti daljem skraćanju puta kočenja, pa se neće smatrati iznenađenjem koliko najave nekih proizvođača, o putu kočenja od 30m na 100km/h, budu i skora realnost. Takođe, za očekivati je da novi sistemi aktivne bezbednosti na vozilu nastave i dalje ograničavati greške vozača do potpune eliminacije perceptualnih grešaka. Pri brzinama do 40km/h ABS-uređaji ne obezbeđuju nikakvu prednost pri kočenju, a od 40-80km/h, imamo pojedinačne slučajeve gde su performanse klasičnih kočnih sistema bolje nego kod kočnih sistema sa ABS-om. To ukazuje na činjenicu da ABS nije svemoguć sistem i da u nekim situacijama nema prednosti nad klasičnim kočnim sistemima. I ako ovo istraživanje po obimu predstavlja sitan doprinos istraživanom problemu, može se zaključiti da je dat odgovor na naslov ovog rada. Ovim istraživanjem su potvrđene pretpostavke da proces kočenja sa ABS-om, kao stohastički proces sa mnogo uticajnih faktora, do danas nije potpuno objašnjen, te da je neophodno provesti i druga merenja, kako bi se pojasnile činjenice izvan provedenog eksperimenta.

LITERATURA

1. Adamović, Ž., 2006, Pouzdanost mašina, Beograd; Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije,
2. Adamović, Ž., 2006, Dijagnostika putničkih automobila, Beograd; TEHDIS,

3. Jovanov G., 2017, Poznavanje motornih vozila, Brčko; Internacionalni univerzitet
4. Swedish Motor Vehicle Inspection Company (1992), <https://the-inspection-company.com>, pristupljeno 23. januara. 2018.
5. Victorian Automobile of Commerce (1994), <https://www.australiantrainingawards.gov.au/vet-alumni/victorian-automobile-chamber-of-commerce-vacc-auto-apprenticeships>, pristupljeno 01. februara 2018
6. www.automarket.co.yu/servisne/abs.asp, 2006

