

UBRZANJE PUTNIČKIH AUTOMOBILA PRILIKOM SAOBRĀCAJNIH NEZGODA NA RASKRSNICAMA

ACCELERATION OF PASSENGER CARS INVOLVED IN TRAFFIC ACCIDENTS AT CROSSROADS

Dejan Bogićević¹; Svetozar Kostić²; Milan Stanković³

XIV Simpozijum
"Veštačenje saobraćajnih nezgoda
i prevare u osiguranju"

Rezime: U današnjim uslovima vrlo intezivnog saobraćaja, mogućnost ubrzavanja vozila predstavlja veoma važan pokazatelj dinamičkih performansi vozila. Mogućnost ubrzavanja vozila naročito je važna prilikom izvođenja određenih radnji na raskrsnicama i to prvenstveno prilikom uključivanja vozila sa sporednog pravca na glavni pravac, tokom izvođenja radnje skretanja uлево i sl. U radu su analizirane metode za praktično određivanje ubrzanja vozila, definisani su i utvrđeni uticaji snage i zapremine motora na veličinu ubrzanja vozila. Na kraju rada su date preporuke o vrednostima ubrzanja vozila na osnovu analize rezultata mnogobrojnih inostranih istraživanja kao i rezultata istraživanja koja su vršena u našoj zemlji.

KLJUČNE REČI: METOD, UBRZANJE, VEŠTAČENJE,
SAOBRĀCAJNE NEZGODE NA
RASKRSNICAMA

Abstract: Under today's heavy traffic conditions, the possibility of vehicle acceleration represents a very important indicator of the dynamic performances of vehicles. The possibility of vehicle acceleration is particularly significant when it comes to performing certain actions at crossroads, especially actions such as entering the main road from a secondary one, turning left, etc. This paper provides an analysis of methods for determining vehicle acceleration in practice, and defines and determines the effects of engine power and capacity on the value of vehicle acceleration. In the end, the paper provides suggestions for acceleration values based on the results of numerous international research studies as well as the results of the research performed in our country.

KEY WORDS: METOD, UBRZANJE, VEŠTAČENJE,
SAOBRĀCAJNE NEZGODE NA
RASKRSNICAMA

1 Visoka tehnička škola strukovnih studija, Niš, bogicevicd@neobee.net

2 Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, sasakostic49@gmail.com

3 Visoka tehnička škola strukovnih studija, Niš, milanst08@gmail.com

1. UVOD

U postojećim priručnicima za saobraćajno-tehničko veštačenje, ne postoje preporuke o veličini ubrzanja vozila koju treba koristiti prilikom veštačenja saobraćajnih nezgoda, u kojima je prethodilo ubrzanje jednog od vozila. Sa druge strane mogućnost ubrzavanja vozila predstavlja važan pokazatelj dinamičkih performansi vozila i sve više dolazi do izražaja današnjim uslovima vrlo intezivnog saobraćaja. Mogućnost ubrzavanja vozila naročito je važna prilikom izvođenja određenih radnji na raskrsnicama i to prvenstveno: prilikom pokretanja vozila iz stanja mirovanja zaustavljenog na raskrsnici, prilikom uključivanja vozila sa sporednog na glavni pravac, tokom izvođenja radnje skretanja u levo i sl.

U praksi saobraćajno-tehničkog veštačenja, ubrzanje vozila veštak može utvrditi na nekoliko načina i to:

- eksperimentalnim putem prilikom izvođenja rekonstrukcije korišćenjem istog ili sličnog vozila koje je učestvovalo u nezgodi,
- izračunavanjem ubrzanja vozila na osnovu dinamičkih karakteristika vozila i
- usvajanjem ubrzanja vozila koje je dato u katalogu, odnosno tehničkim karakteristikama konkretnе marke i tipa vozila.

Određivanje ubrzanja vozila eksperimentalnim putem prilikom izvođenja rekonstrukcije vrši se izuzetno retko, po odobrenju tužilaštva ili suda i samo u slučajevima saobraćajnih nezgoda sa većim i ozbiljnim posledicama.

Određivanje ubrzanja vozila proračunom na osnovu dinamičkih karakteristika vozila je veoma složen i kompeksan. Naime, za primenu ovakvog postupka za određivanje ubrzanja vozila neophodno je poznavanje jako velikog broja ulaznih parametara, koji su uglavnom teško dostupni veštacima. U ovakovom postupku određivanja ubrzanja neophodno je izvršiti jako veliki broj proračuna i tom prilikom koriste se složeni izrazi, pa samim tim postoji velika verovatnoća da se u tom računanju napravi greška.

Iz navedenih razloga, većina veštaka ubrzanje vozila određuje na osnovu kataloške vrednosti vremena potrebnog vozilu da postigne brzinu od 100 km/h polaskom iz stanja mirovanja. Na osnovu kataloške vrednosti vremena ubrzanja od 0-100 km/h za određeni putnički automobil moguće je izračunati prosečnu vrednost ubrzanja. Imajući u vidu, da je vozilo na početku puta ubrzanja u nižem stepenu prenosa i da je tada sposobnost ubrzanja vozila znatno veća, nameće se opravdano pitanje koliko je ispravno da se u ovakvim slučajevima koristi kataloška vrednost ubrzanja izračunata na osnovu vremena potrebnog za ubrzanje vozila od 0-100 km/h.

U poglavlju metod istraživanja, prikazani su postupci izračunavanja ubrzanja vozila na osnovu dinamičkih karakteristika vozila, kao i na osnovu podataka dobijenih merenjem na terenu. U poglavlju - rezultati istraživanja, prikazane su razlike u vrednostima ubrzanja vozila koje se dobiju izračunanjem ubrzanja na osnovu vremena potrebnog da vozilo dostigne određenu brzinu. Na kraju rada, u četvrtom poglavlju, prikazani su zaključci do kojih se došlo tokom istraživanja i preporuke za praktičnu primenu.

2. METOD ISTRAŽIVANJA – ODREĐIVANJE UBRZANJA VOZILA

2.1. Određivanje maksimalnog ubrzanja vozila na osnovu dinamičkih karakteristika vozila

Mogućnost ubrzavanja predstavlja važan pokazatelj dinamičkih performansi vozila. Na ubrzavanje vozila utiče veliki broj parametara kao što su: dinamičke karakteristike pogonskog motora i vozila, prenosni odnosi u menjačkom prenosniku (zbog uticaja na raspoloživu obimnu silu), režim promene stepena prenosa (sa ili bez prekida toka snage), strategija promene stepena

prenosa pri ubrzavanju i sl. Da bi se došlo do maksimalnih vrednosti ubrzanja vozila neophodno je da se prilikom proračuna obzir uzmu svi prisutni otpori koji se javljaju prilikom kretanja vozila. U tom slučaju, ubrzanje vozila definisano je sledećom jednačinom:

$$a = \frac{D - f}{\ddot{a}} \cdot g \quad (1)$$

Gde je:

D – dinamička karakteristika vozila (-),

f- koeficijent otpora kotrljanja (-),

δ - empirijski koeficijent učešća obrtnih masa u ubrzavanju (-).

Najveći problem prilikom izračunavanja ubrzanja vozila na ovaj način, predstavlja utvrđivanja parametra dinamička karakteristika (D). Izračunavanje dinamičke karakteristike vrši se primenom sledećeg izraza:

$$D = \frac{F_o - F_w}{G} \quad (2)$$

Gde je:

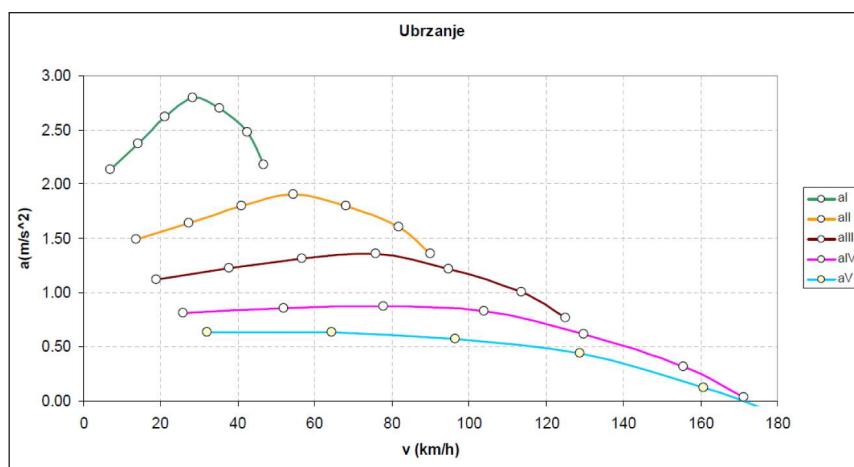
F_o – obimna sila na točkovima (N),

F_w – sila otpora vazduha (N),

G - težina vozila (N).

Za izračunavanje obimne sile na točkovima potrebno je izračunati sumu sila svih otpora koje deluju na vozilo prilikom ubrzanja. Na osnovu prethodnih konstataacija jasno se može zaključiti da je određivanje ubrzanja na ovaj način izuzetno obiman i zahtevan proces. Pored toga za izračunavanje ubrzanja vozila moguće je u koliko su veštak na raspolaganju tehnički podaci o vozilu kojima raspolažu samo proizvođači vozila.

Na ovaj način moguće je da se, za različite stepene prenosa mehaničkog sistema prenosa snage, izračunaju maksimalne vrednosti ubrzanja vozila. Pored toga, nakon kompletne sprovedenog proračuna, moguće je konstruisati dijagram koji prikazuje vrednosti ubrzanja vozila za svaki stepen prenosa u funkciji brzine vozila (slika 1.).



Slika 1. Karakteristično ubrzanje motornog vozila sa petostepenim menjajućem

Na dijagramu, priказанom na slici 1, pokazana je karakteristika ubrzanja motornog vozila dobijena računskim putem. Ovde je važno napomenuti, da izračunate vrednosti ubrzanja delimično odstupaju od stvarnih vrednosti zbog promenljivih spoljnih uticaja, i da se tačne vrednosti ubrzanja dobijaju isključivo ispitivanjem u realnim uslovima.

2.2. Određivanje maksimalnog ubrzanja vozila na osnovu eksperimentalnih merenja

Iz prethodno prikazanog postupka određivanje ubrzanja vozila na osnovu dinamičkih karakteristika vozila, jasno se vidi da je prikazani postupak veoma složen i kompleksan. Naime, za primenu prethodno prikazanog postupka za određivanje ubrzanja vozila neophodno je poznavanje jako velikog broja ulaznih parametara, koji su uglavnom teško dostupni veštacima. U daljem postupku neophodno je izvršiti jako veliki broj proračuna u cilju izračunavanja određenih parametara koji figurišu u postupku izračunavanja ubrzanja vozila. Uz sve to, prilikom proračuna koriste se složeni izrazi, pa samim tim postoji velika verovatnoća da se u tom računanju napravi greška.

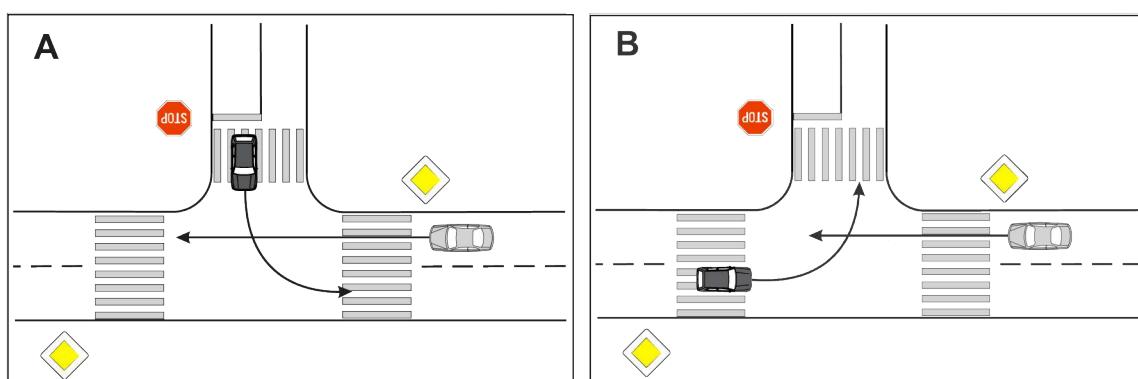
Iz navedenih razloga, većina veštaka vrednost ubrzanja određuje na osnovu kataloške vrednosti vremena potrebnog vozilu da postigne brzinu od 100 km/h polaskom iz stanja mirovanja. Na osnovu kataloške vrednosti vremena ubrzanja od 0-100 km/h za određeni putnički automobil moguće je izračunati prosečnu vrednost ubrzanja na osnovu sledećeg obrazca:

$$a = \frac{V}{3,6 \cdot t_u} = \frac{100}{3,6 \cdot t_u} \left(\text{m/s}^2 \right) \quad (3)$$

Gde je:

t_u - vreme ubrzanja od 0-100 km/h za određeno vozilo.

U prikazanom postupku određivanja ubrzanja vozila na osnovu dinamičkih karakteristika vozila, jasno se vidi da je sposobnost ubrzanja vozila zнатно veća na početku puta ubrzanja vozila, kada je vozilo u nižem stepenu prenosa. Vrednost ubrzanja vozila prilikom veštačenja saobraćajnih nezgoda na raskrsnicama koristi se najčešće u dva slučaja. U prvom slučaju, vozilo je zaustavljeno na sporednom prilazu raskrsnice, a potom vozač pokreće vozilo i ubrzavanjem vozila i prelazi određeni, najčešće kraći, put do trenutka sudara sa vozilom koje se kreće na glavnom pravcu (slika 2-A). U drugom slučaju, vozilo je zaustavljeno prilazu raskrsnici na putu sa pravom prvenstava prolaza, a potom vozač pokreće vozilo i ubrzavanjem vozila vrši radnju skretanja u levo (slika 2-B).



Slika 2. Primeri ubrzanja vozila prilikom skretanja na raskrsnici

Vremensko – prostornom analizom prethodna dva slučaja, jasno se uočava da vozilo koje izvodi radnju skretanja na raskrsnici, prelazi veoma kratak put ubrzavanja do trenutka sudara sa vozilom koje se kreće putem sa pravom prvenstva prolaza. Imajući u vidu navedene konstatacije, postavlja se opravdano pitanje, koliko je ispravno da se u opisanim situacijama koristi vrednost ubrzanja vozila, izračunata na osnovu vremena potrebnog za ubrzanje od 0-100 km/h, ako se zna da tako izračunata vrednost ubrzanja predstavlja prosečnu vrednost ubrzanja.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA VREDNOSTI UBRZANJA UTVRĐENE EKSPERIMENTALNIM ISTRAŽIVANJEM

U cilju utvrđivanja u kojoj meri je ispravno koristiti kataloške vrednosti ubrzanja, na osnovu vremena potrebnog za ubrzanje od 0-100 km/h za određeno vozilo, izvršeno je istraživanje

kojim je obuhvaćeno 280 vozila različitih modela. Eksperimentalnom grupom obuhvaćena su vozila različitih dinamičkih sposobnosti i karakteristika. Sobzirom da na vrednost ubrzanja vozila najveći uticaj imaju snaga i zapremina motora, istraživanjem je obuhvaćen veliki opseg snage motora od 40 do 250 KW i radne zapremine motora od 900 do 3200 cm³.

U tehničkim katalozima, pored vremena potrebnog za ubrzanje od 0-100 km/h, bilo je podataka i o vremenu potrebnom za ubrzanje od: 0-40 km/h, 0-50 km/h, 0-60 km/h, na osnovu kojih je izračunato ubrzanje vozila za slučaj kada je početna brzina jednaka nuli. Rezultati istraživanja prikazani su u sledećim tabelama.

Tabela 1. Vrednosti ubrzanja vozila dobijena eksperimentalnim istraživanjem

| Vrednosti ubrzanja vozila | Ubrzanje vozila (m/ s ²) 0-100 km/h | Ubrzanje vozila (m/ s ²) 0-40 km/h | % | Ubrzanje vozila (m/ s ²) 0-50 km/h | % | Ubrzanje vozila (m/ s ²) 0-60 km/h | % |
|---------------------------------|--|---|-------|---|-------|---|-------|
| Broj vozila | 280 | 42 | - | 66 | - | 216 | - |
| Minimalna vrednost | 1,54 | 3,43 | 5,25 | 3,16 | 12,18 | 2,56 | 1,87 |
| Maksimalna vrednost | 8,42 | 9,34 | 98,35 | 8,68 | 77,42 | 9,80 | 86,32 |
| Prosečna vrednost | 3,15 | 4,93 | 52,52 | 4,76 | 45,09 | 4,17 | 36,95 |
| standardno odstupanje | 1,13 | 1,30 | 24,56 | 1,37 | 16,85 | 1,16 | 12,72 |

Analizom podataka iz tabele 1 jasno se uočava, da prosečna vrednost ubrzanja vozila koja je izračunata za slučaj ubrzanja od 0-40 km/h iznosi 4,93 m/s² i da je veća čak za 52,5 %, u odnosu na prosečnu vrednost ubrzanja 0-100 km/h koje je iznosilo 3,15 m/s². Takođe, analizom podataka iz tabele 1 jasno se uočava da postoje velike razlike između minimalnih vrednosti ubrzanja $a_{\min} = 1,54 \text{ m/s}^2$ i maksimalnih vrednosti ubrzanja $a_{\max} = 8,42 \text{ m/s}^2$ u slučaju kada se ubrzanje određuje na osnovu vremena potrebnog za ubrzanje od 0-100 km/h, dok su razlike između minimalnih i maksimalnih vrednosti ubrzanja znatno manje u slučajevima kada se ubrzanje izračunava na osnovu vremena potrebnog za ubrzanje od 0-40 km/h.

Izuzetno velike razlike između minimalnih i maksimalnih vrednosti ubrzanja nalaze se u činjenici da je istraživanjem obuhvaćen veliki opseg snage motora (od 40 do 250 KW) i radne zapremine motora (od 900 do 3200 cm³).

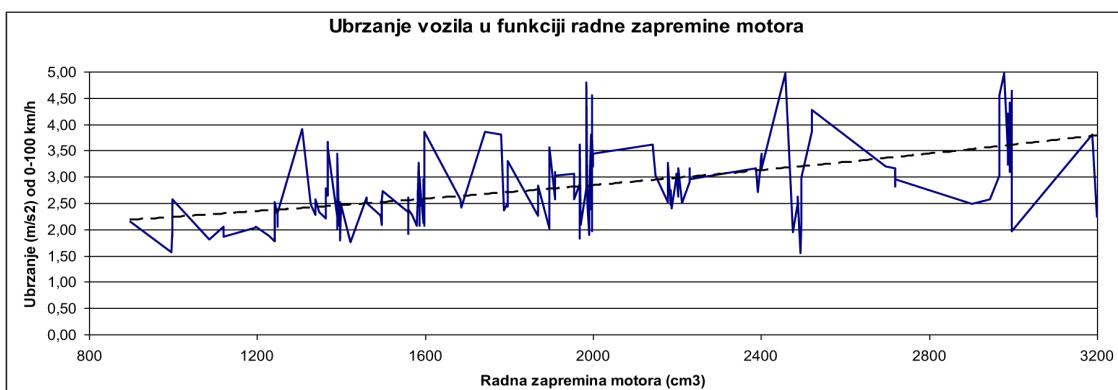
U cilju smanjenja izuzetno velikih razlika između minimalnih i maksimalnih vrednosti ubrzanja iz navedenog uzorka vozila izdvojena su vozila sa zapreminom motora do 1300cm³. Rezultati istraživanja prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2. Vrednosti ubrzanja vozila zapremine do 1300 cm³

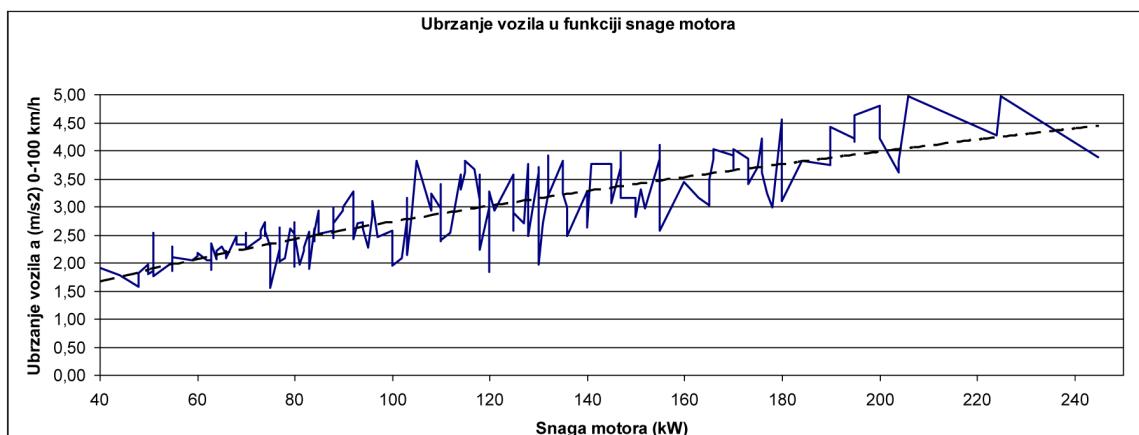
| Vrednosti ubrzanja vozila | Ubrzanje vozila (m/s ²) 0-100 km/h | Ubrzanje vozila (m/s ²) 0-40 km/h | % | Ubrzanje vozila (m/s ²) 0-50 km/h | % | Ubrzanje vozila (m/s ²) 0-60 km/h | % |
|---------------------------------|--|---|-------|---|---|---|-------|
| Broj vozila | 22 | 4 | - | 0 | - | 23 | - |
| Minimalna vrednost | 1,57 | 3,49 | 71,45 | - | - | 2,65 | 35,00 |
| Maksimalna vrednost | 2,57 | 4,22 | 98,35 | - | - | 3,47 | 86,32 |
| Prosečna vrednost | 2,03 | 3,76 | 86,79 | - | - | 3,04 | 49,69 |
| standardno odstupanje | 0,23 | 0,30 | 11,31 | - | - | 0,26 | 10,70 |

Analizom podataka iz tabele 2 jasno se uočava, da prosečna vrednost ubrzanja vozila koja je izračunata za slučaj ubrzanja od 0-40 km/h iznosi $3,76 \text{ m/s}^2$ i da je veća skoro za 87 %, u odnosu na prosečnu vrednost ubrzanja 0-100 km/h koje je iznosila $2,03 \text{ m/s}^2$. Takođe, analizom podataka iz tabele 2 jasno se uočavaju znatno manje razlike između minimalnih vrednosti ubrzanja $a_{\min} = 3,49 \text{ m/s}^2$ i maksimalnih vrednosti ubrzanja $a_{\max} = 4,22 \text{ m/s}^2$ u slučaju kada se ubrzanje određuje na osnovu vremena potrebnog za ubrzanje od 0-40 km/h, u odnosu na vrednosti i iz tabele 1.

Imajući u vidu da sposobnost ubrzanja vozila u najvećoj meri zavisi od snage i zapremine motora, na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 1, konstruisan je dijagram funkcionalne zavisnosti ubrzanja vozila od snage i zapremine motora ugrađenog u vozilo. Funkcionalna zavisnost između ubrzanja vozila i zapremine motora prikazana je na slici 3, a funkcionalna zavisnost između ubrzanja vozila i snage motora prikazane je na slici 4.



Slika 3. Funkcionalna zavisnost između ubrzanja vozila i zapremine motora



Slika 4. Funkcionalna zavisnost između ubrzanja vozila i snage motora

Dijagrami ubrzanja vozila koji su prikazani na slikama 3 i 4 mogu se koristiti u situacijama kada nemamo podatke o tehničkim karakteristikama za određeno vozilo.

4. ZAKLJUČAK

U uvodnom delu je istaknuto da se prilikom izračunavanja ubrzanja vozila, na osnovu vremena ubrzanja od 0-100 km/h dobijaju znatno manje vrednosti ubrzanja, od ubrzanja koja vozila realno ostvaruju na kraćim putevima ubrzanja. To praktično znači da se tako izračunate vrednosti ubrzanja ne mogu koristiti u ekspertizama saobraćajnih nezgoda na raskrsnicama, u kojima je vozilo do mesta sudara prešlo kraći put. Korišćenjem rezultata velikog broja eksperimenata, u kojima je mereno vreme ubrzanja od 0-40 km/h ili od 0-50 km/h, došlo se do zaključka da se na ovaj način dobijaju znatno realnije vrednosti ubrzanja vozila za slučaj kada vozilo ubrzava na kraćem delu puta. To praktično znači da se tako izračunate vrednosti ubrzanja, uz određene

korekcije mogu koristiti u situacijama kada je potrebno odrediti brzinu vozila koje prelazi kraći put do sudara sa drugim vozilom.

Rezultati istraživanja pokazuju takođe, da postoje izuzetno velike razlike između minimalnih i maksimalnih vrednosti utvrđenih ubrzanja vozila i da je neophodno da se prilikom određivanja vrednosti ubrzanja konkretnog vozila u obzir uzmu zapremina i snaga motora, te da se prema tim parametrima odredi vrednost ubrzanja vozila.

Na ovaj način, zapravo je dokazano da katalozi u kojima su prikazani rezultati merenja ubrzanja vozila, mogu poslužiti kao veoma koristan prilog prilikom utvrđivanja ubrzanja pri eksperimentizama saobraćajnih nezgoda, čime katalozi i što preciznije utvrđivanje ubrzanja znatno dobijaju na značaju.

Korišćenjem savremenih kataloga postiže se znatno veća preciznost navedene metode, tako da ona postaje daleko pouzdanija za ekspertize saobraćajnih nezgoda. Najbolji rezultati postižu se ukoliko se raspolaze sa tehničkim podacima za konkretno vozilo, pa se na osnovu njih, prikazanim postupkom izračuna ubrzanje vozila.

5. LITERATURA

- [1] Milidrag, S. (2002). Drumska motorna vozila, FTN, Novi Sad.
- [2] Rotim, F. (1992). Elementi sigurnosti cestovnog prometa, Sudari vozila, Svezak 2, Zagreb.
- [3] Stojić, B. (2012). Teorija kretanja drumske vozila, Skripta, FTN, Novi Sad.
- [4] Simić, D. (1974). Dinamika motornih vozila, Kragujevac.
- [5] Časopisi: SAT-plus, Auto Bild, Auto Start i Auto Moto.

