

КОЛИЗИЈА ВОЗИЛА У ПРЕТИЦАЊУ СА ВОЗИЛОМ У ЛЕВОМ СКРЕТАЊУ

COLLISION OF OVERTAKING VEHICLE WITH VEHICLE IN LEFT TURN

Зоран Папић¹; Светозар Костић²; Вук Богдановић³; Ненад Рушкић⁴

Резиме: Код експертиза судара возила које врши претицање са возилом које се креће у истом смеру, а у тренутку судара је у фази левог скретања, често постоје дилеме у вези временско-просторне анализе тока незгоде. Основни разлози за то су немогућност утврђивања чињенице да ли је, када и ко од учесника незгоде на одговарајући начин најавио намеравану радњу, тумачење одредби ЗОБС-а по којима возач сме извршити претицање, али и скретање улево, само ако се уверио да то може учинити на безбедан начин, као и критеријум за дефинисање тренутка настанка опасне саобраћајне ситуације. С обзиром на наведене проблеме, у овом раду је извршена анализа карактеристика судара возила у претицању са возилом у левог скретању и дате су смернице за спровођење временско-просторне анализе тока незгоде, уз примену најновијих научних сазнања из ове области.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: ПРЕТИЦАЊЕ, ЛЕВО СКРЕТАЊЕ, БОЧНО УБРЗАЊЕ, САОБРАЋАЈНА НЕЗГОДА

Abstract: In traffic accident expertise where overtaking vehicle collides with other vehicle that is making a left turn, there are often doubts about the time-distance analysis. The main reasons for that are inability to determine the fact when and who of the accident participants had announced the intended action, interpretation of Traffic Safety Law acts according to which the driver could make overtaking and/or left turn, only if he was convinced that the action could be done safely, as well as the criteria for defining the exact moment when the dangerous situation occurred. Considering these problems, this paper analyzes the characteristics of collision between vehicles overtaking a vehicle making the left turn, and gives guidelines for implementation of time-distance analysis of accident flow, using the latest scientific knowledge in this area.

KEY WORDS: OVERTAKING, LEFT TURN, LATERAL ACCELERATION, TRAFFIC ACCIDENT

¹ Факултет техничких наука у Новом Саду, Катедра за саобраћајне системе, njele@uns.ac.rs

² Факултет техничких наука у Новом Саду, Катедра за саобраћајне системе, sasakostic49@gmail.com

³ Факултет техничких наука у Новом Саду, Катедра за саобраћајне системе, vuk@uns.ac.rs

⁴ Факултет техничких наука у Новом Саду, Катедра за саобраћајне системе, nruskic@uns.ac.rs

1. УВОД

Претицање возила је једна од најкомплекснијих радњи која се врши у саобраћају. Потреба за претицањем јавља се у ситуацијама када се на путању возила у покрету, нађе друго возило, које се креће мањом брзином, у истом смеру. Да би се ова радња безбедно реализовала, неопходно је да возач возила које врши претицање координише већи број операција, као што су: осматрање саобраћајне ситуације испред и иза себе, контрола брзине пре, током и након реализације маневра, обавештавање других учесника у саобраћају, бочно измицање возила и др. Саобраћајне незгоде у претицању су у укупној структури саобраћајних незгода на територији Републике Србије заступљене са 6,5-8,5% [3]. У истом извору, наводи се да су у укупној структури саобраћајних незгода у претицању најзаступљеније, са око 40%, незгоде у којима долази до судара возила које врши претицање са возилом које се креће у истом смеру, а у тренутку контакта је у фази скретања улево. До сличног закључка дошло се и анализом експертиза саобраћајних незгода извршених на Департману за саобраћај, ФТН-а у Новом Саду. На основу искустава ове институције, произилази да је код наведеног типа незгода, у већини случајева, кривична, односно прекршајна пријава била поднета против возача возила које врши претицање.

Експертизе саобраћајних незгода у којима долази до колизије возила у претицању са возилом у левом скретању су специфичне из више разлога. Одредбе ЗОБС-а обавезују и возача возила које врши претицање, али и возача возила које врши скретање улево, да намеравању радњу могу отпочети само ако се увере да је могу учинити на безбедан начин. Приликом отпочињања намераване радње, возачи су о томе дужни да обавесте друге учеснике у саобраћају, укључивањем левог показивача правца. У експертизама саобраћајних незгода овог типа, веома је тешко утврдити да ли је и на ком возилу, у тренутку, односно пре судара био укључен показивач правца. Изузетак су саобраћајне незгоде у којима је на основу вештачења сијалица утврђено да ли је показивач правца у тренутку контакта био у функцији или не. Управо из тог разлога, временско-просторна анализа овог типа незгода заснована је на кинематици кретања учесника незгоде пре контакта, односно утврђивању чињенице, који је од учесника незгоде маневар започео први.

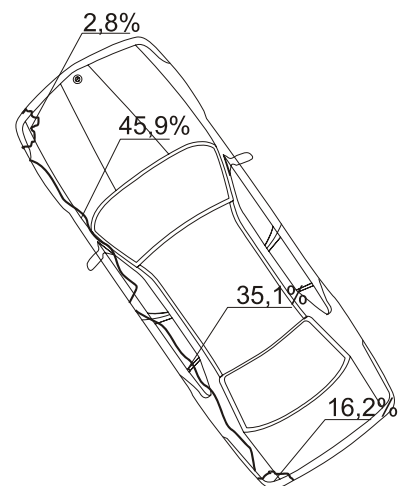
2. КАРАКТЕРИСТИКЕ СУДАРА ВОЗИЛА У ПРЕТИЦАЊУ СА ВОЗИЛОМ У ЛЕВОМ СКРЕТАЊУ

Код судара возила у претицању са возилом у левом скретању, примарни контакт се у највећем броју случајева остварује између предњег десног угла возила које врши претицање и леве бочне стране возила које је у скретању. Изузетак су случајеви у којима до судара долази у

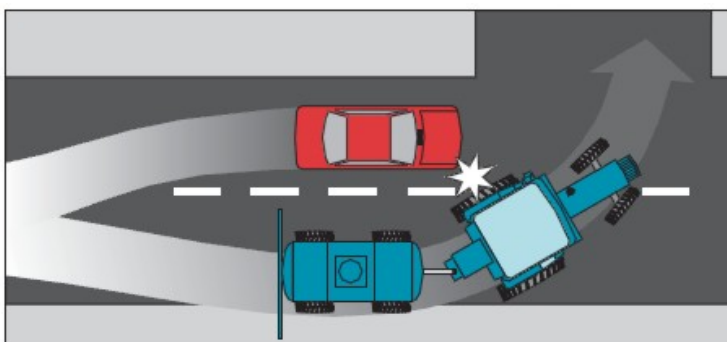
завршној фази скретања возила улево, када до контакта може доћи и између чеоне стране возила које врши претицање и задњег левог угла возила у скретању.

На основу анализе на узорку од 37 саобраћајних незгода у којима је дошло до судара возила у претицању са возилом у левом скретању, а чије су експертизе вршене на Департману за саобраћај ФТН-а, утврђено је да се у 17 случајева, контактна површина на возилу које је вршило скретање улево, налазила на предњој левој бочној половини возила. На задњој левој бочној половини возила, контактна површина се налазила у 13 случајева. У шест случајева, контакт је остварен између чеоне стране аутомобила који врши претицање и задњег левог угла возила у скретању, док се контакт самим предњим левим углом возила које врши скретање са левом бочном страном претичућег возила догодио свега једном.

Слика бр. 1. Дистрибуција позиција оштећења на возилима у левом скретању код судара са возилима у претицању, према експертизама Департмана за саобраћај, ФТН-а.



Код судара возила у претицању са возилом у левом скретању, њихове уздужне осе у тренутку контакта заклапају оштар угао. Величина овог угла зависи од места на коловозу на коме је контакт остварен.



Слика бр. 2. Судар возила у претицању са скупом возила у левом скретању.

Посебан случај овог типа незгода представљају судари возила у претицању са скупом возила у левом скретању, код којих због специфичних габарита и кинематике кретања, постоји потреба за претходно измештање у десну страну. На основу таквог кретања, возач може стећи по-

грешну слику да ће се транспортни састав изместити са коловозне површине у десну страну и закључити да намеравану радњу претицања може извршити на безбедан начин.

Колизија не подразумева само непосредан контакт између возила која учествују у незгоди. То значи да до саобраћајне незгоде која је у вези са претходно описаним маневром може доћи и у ситуацији када возач возила у претицању, у покушају избегавања судара са возилом које се креће испред њега и започиње радњу скретања, маневром измицања дестабилизује своје возило, или га преусмери изван коловозне површине. У истраживању реалних саобраћајних незгода, Флуеру [4] је утврдио да су у случајевима када је предузет маневар измицања, возачи возила углавном измицали у ону страну у коју се кретала и препрека, што у конкретном случају подразумева измицање у леву страну, изван коловозне површине.

3. АНАЛИЗА КРЕТАЊА ВОЗИЛА ПРИЛИКОМ ПРЕТИЦАЊА И СКРЕТАЊА УЛЕВО

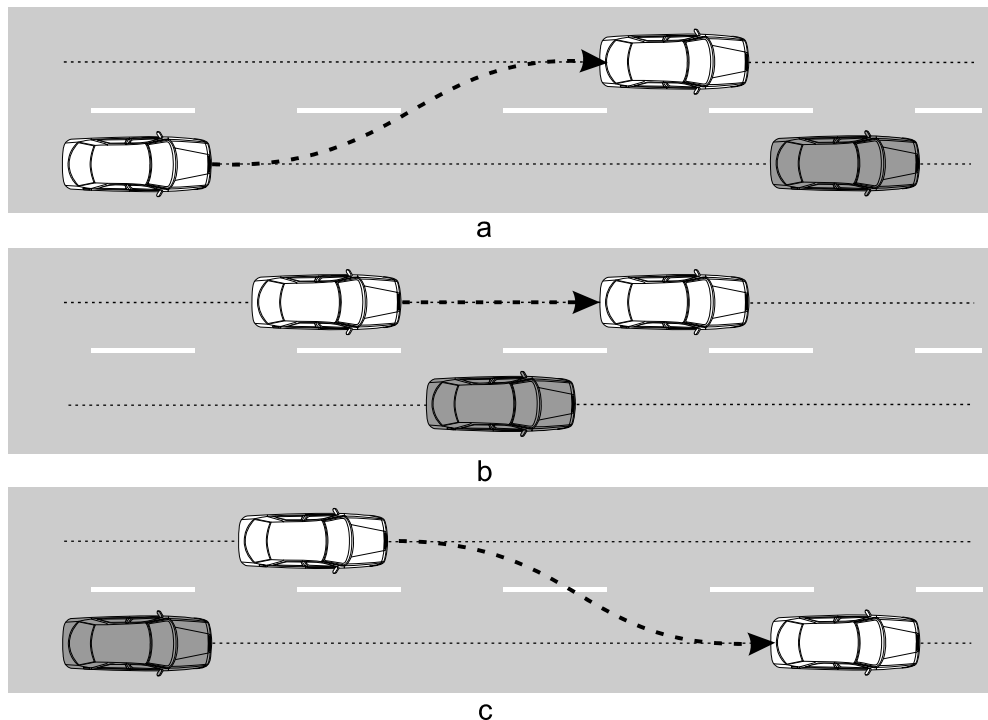
Да би се временско-просторном анализом дошло до одговарајућег закључка везаног за настанак саобраћајне незгоде у којој долази до колизије возила у претицању са возилом у левом скретању, неопходно је претходно спровести кинематску анализу кретања ових возила непосредно пре незгоде.

3.1. Кинематика возила у претицању

Радња претицања се може спроводити на двотрачним путевима, али и на аутопутевима, где за исти смер кретања постоји више од једне саобраћајне траке. Иако се предуслови неопходни за безбедно спровођење маневра могу разликовати, у зависности од саобраћајне ситуације, сама радња је увек иста и састоји се из следећих фаза:

- измицање у циљу преласка на леву саобраћајну траку;
- кретање левом саобраћајном траком док се не прође поред возила које је циљ претицања и креће се десном саобраћајном траком;
- измицање у десну страну, у циљу повратка на десну саобраћајну траку.

То значи да се радња претицања састоји од два маневра измицања, једног у леву, а другог у десну страну и праволинијског кретања левом саобраћајном траком (Слика бр. 3).



Слика бр. 3. Приказ радње претицање по фазама: а) измицање у леву страну, б) кретање левом саобраћајном траком, ц) измицање у десну

Претицање се у највећем броју случајева реализује у уобичајеном (удобном) режиму кретања возила. Критеријум "удобности" код анализе маневра бочног измицања возила у претицању заснован је на интензитету бочног убрзања. У циљу утврђивања уобичајених режима кретања возила приликом претицања, извршено је експериментално истраживање, којим је обухваћен узорак од 221 претицања, реализованих на градској уличној мрежи, магистралним и регионалним путевима изван насеља и аутопутевима, брзинама од 28 km/h до 127 km/h [1]. Овај маневар је у највећем броју случајева реализован у режиму лонгитудиналног убрзавања или константном брзином кретања. На основу анализе резултата истраживања на испитиваном узорку, утврђена је корелациона веза између брзине возила којом се маневар реализује (km/h) и интензитета бочног убрзања, која је дата изразом:

$$a_{yprt} = 0,20116 - 0,0011 \cdot V \text{ (g)}, \quad (3.1.)$$

уз степен корелације $r = -0,7467$, при чему је:

V - брзина возила на почетку маневра (km/h).

Вршне вредности бочног убрзања, које приликом претицања не прелазе 0,2 g, јављају се при малим брзинама, односно код претицања спорје категорије возила (трактори, радне машине, запреге,...), а последица су чињенице да се при мањим брзинама претицање најчешће отпочиње са блиског подужног одстојања.

Поред интензитета бочног убрзања возила током маневра измицања при претицању, истраживањем је обухваћен и облик трајекторије возила током овог маневра, а у циљу утврђивања дужине пута неопходне за његову реализацију. Критеријум за потпуну реализацију маневра бочног измицања возила приликом претицања била је позиција у којој возило први пут заузима положај на коловозу паралелан оном на почетку маневра. На основу анализе трајекторија возила током претицања на узорку од 93 реализована маневра, успостављен је емпиријски модел за прорачун времена током ког возило у фази претицања заузима положај паралелан оном на почетку маневра, који је дат изразом:

$$t_{e2} = 3,25 \sqrt{\frac{Y_{e2}}{\mu_s \cdot g}} \quad (3.2.)$$

Где је:

Y_{e2} - ширина поља бочног измицања приликом претицања (m);

μ_s - коефицијент бочног пријањања;

g - убрзање земљине теже (m/s^2).

Грубу процену времена возилаведеног у претицању, могуће је дати и на основу истраживања која је спровео Хегеман [2]. Он саму промену саобраћајне траке третира као трећу фазу претицања, која следи након доношења одлуке о претицању (I фаза) и припремних радњи за реализацију претицања (II фаза). Трећа фаза започиње у тренутку када возило предњим левим точком у фази бочног измицања пређе преко уздужне подеоне линије, а завршава се у тренутку када преко ове линије пређе и задњи десни точак. Ова фаза траје $1,5 \text{ s} \pm 0,5 \text{ s}$. Четврта фаза подразумева само претицање, кретањем левом саобраћајном траком и траје $4,2 \text{ s} \pm 2,3 \text{ s}$. Препоручене вредности које је на основу својих истраживања дао Хегеман, могуће је искористити уколико је познато време кретања возила у претицању левом саобраћајном траком, до тренутка судара.

3.2. Кинематика возила у левом скретању

Скретање возила улево такође подразумева одређене припремне радње, односно утврђивање да ли се ова радња може спровести на безбедан начин и обавештавање других учесника у саобраћају укључивањем показивача правца. Пре отпочињања скретања, возач саобраћајну ситуацију иза себе може контролисати само погледом у возачко огледало, или освртом преко рамена.

Кинематика возила током левог скретања, у највећој мери зависи од геометрије раскрснице на којој се ова радња спроводи, као и од режима

кретања возила приликом скретања. На основу анализе кинематике возила у левом скретању извршене у програмском пакету *PC Crash*, утврђено је да спољни радијус возила током овог маневра, на несигналисаним раскрсницама, око 10 м. Возило маневар започиње из праволинијског кретања, али у тренутку преласка преко осе коловоза или подеоне линије, оно је укошено у леву страну под углом од 5-10°. У складу са спроведеном анализом, формирана је табела у којој су дате приближне вредности угла возила у левом скретању у односу на уздужну осу коловоза, а у зависности од дела на возилу који је учествовао у судару.

Табела 1. Положај возила у левом скретању у односу на осу коловоза, у зависности од места оштећења на њима.

| Место оштећења на возилу претицању | Место оштећења на возилу у левом скретању | Угао возила у левом скретању (°) |
|------------------------------------|---|----------------------------------|
| Предњи десни угао | Предњи леви угао | 5-15 |
| Предњи десни угао | Предња лева бочна половина | 15-30 |
| Предњи десни угао | Задња лева бочна половина | 30-40 |
| Чеона страна возила | Задњи леви угао | 40-60 |
| Предњи леви угао | Задњи десни угао | 60-65 |

У погледу режима у коме се спроводи, скретање возила улево може се реализовати на три начина:

- кретање константном брзином;
- убрзавање без почетне брзине (из стања мировања);
- убрзавање са почетном брзином.

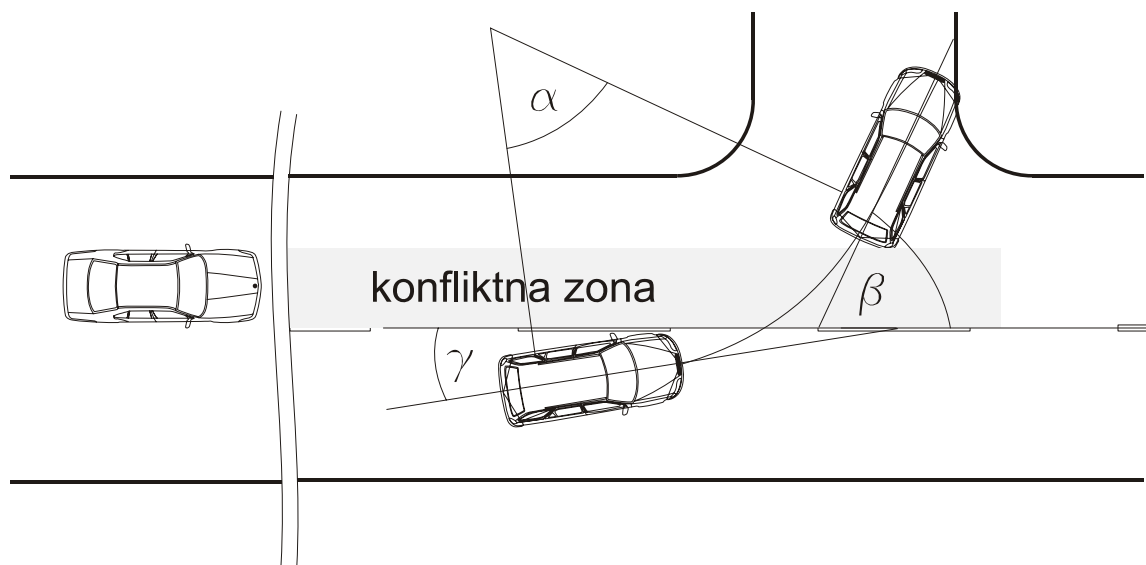
С обзиром на ову чињеницу, ради утврђивања времена скретања возила до тренутка судара, неопходно је познавање режима његовог кретања. До овог податка могуће је доћи само на основу анализе исказа учесника, односно сведока незгоде.

Брзина возила у левом скретању се у већем броју случајева може израчунати на основу утврђених параметара судара и као таква користити у временско-просторној анализи тока незгоде. Уколико пак постоје одређени разлози из којих ову брзину техничким путем није могуће утврдити, може се извршити њена процена. Као основа за процену брзине возила у левом скретању, може послужити и истраживање спроведено на Департману за саобраћај, ФТН-а у Новом Саду, којим је, на основу анализе на узорку од 1020 левих скретања на сигналисаним и несигналисаним раскрсницама, утврђено да је дистрибуција брзина возила у левим скретањима у складу са нормалном расподелом. Основни параметри ове расподеле су средња вредност, која износи 19,13 km/h и стандардно одступање од 6,32 km/h.

3.3. Временско-просторна анализа

Кроз временско просторну анализу саобраћајне незгоде у којој долази до колизије возила у претицању са возилом у левом скретању, потребно је показати који је од учесника незгоде радњу започео први, што се утврђује поређењем времена проведеног у маневру, до тренутка контакта. Са кинематског аспекта, опасна ситуација релевантна за анализу настаје у тренутку када једно од возила, у фази маневра, својим најистуренијим делом зађе на леву саобраћајну траку, којом се друго возило, већ креће, читавим габаритом или делимично. То значи да уколико је $T_{\text{пр}} > T_{\text{скрет}}$, опасну ситуацију изазвао је возач возила које врши скретање, а ако је $T_{\text{скрет}} > T_{\text{пр}}$, опасну ситуацију изазвао је возач возила које врши претицање.

Да би могли извести одређени закључци везани за временско-просторну анализу овог типа незгоде, извршиће се анализа граничног случаја, по коме се возило које врши претицање, десном бочном страном креће уз саму уздужну подеону линију, а до контакта долази између предњег левог угла овог возила и задњег десног угла возила у скретању, као најзаосталије тачке на њему. Дакле, анализира се минимално време кретања возила у претицању и максимално време кретања возила у скретању. Приказ анализиране ситуације дат је на слици 4.



Слика бр. 4. Гранични случај за анализу колизије возила у претицању са возилом у левом скретању.

Ознаке приказане на слици представљају:

α - скретни угао возила кроз конфликтну зону;

β - угао возила у левом скретању на излазу из конфликтне зоне;

γ - угао возила у левом скретању на улазу у конфликтну зону.

На основу слике бр. 4, може се закључити да за анализу кретања возила кроз конфликтну зону може да важи релација:

$$\alpha \approx \beta - \gamma \quad (3.3.)$$

Ако се зна да у тренутку када возило ступа у конфликтну зону његова уздужна оса са уздужном осом коловоза заклапа угао од $5-10^\circ$, а да је тај угао на излазу возила из конфликтне зоне $60-65^\circ$, закључује се да је максимална вредност скретног угла возила током кретања кроз конфликтну зону, у левом скретању, око 60° . Уколико би се при томе узело у обзир да се током левог скретања возило креће по радијусу од око 10 m, произилази да максимална дужина пута који возило пређе крећући се кроз конфликтну зону може износити око:

$$S = \frac{R \cdot \pi \cdot \alpha}{180} = \frac{10 \cdot 3,14 \cdot 60}{180} = 10,5 \text{ m}.$$

Ова вредност представља дужину пута од тренутка када предњи леви угао возила уђе у конфликтну зону, до тренутка када задњи десни угао истог возила из ње изађе.

Ако се на основу изнетог изврши временско-просторна анализа на нумеричком примеру, минимално време потребно да возило у фази претицања изврши бочно измицање у леву страну за сопствену ширину (нпр. 1,65 m), у уобичајеном -"удобном" режиму кретања, а у складу са изразом 3.2., износи:

$$t_{pr} = 3,25 \sqrt{\frac{1,65}{0,2 \cdot g}} = 3 \text{ s}.$$

Са друге стране, време проласка возила у левом скретању кроз конфликтну зону зависи од његове брзине и режима кретања. За конкретан пример, возило у левом скретању би кроз конфликтну зону, брзином од 20 km/h, која је уобичајена за режим левог скретања, што се показало и истраживањем, прошао за време од 1,9 s. У овом случају време које би било неопходно возилу у левом скретању да изађе из зоне конфликта је краће од времена потребно за измицање возила у фази претицања за 1,1 s. То конкретно значи да је опасну ситуацију изазвао возач возила у левом скретању, који је ову радњу започео 1,1 s након што се друго возило већ налазило у фази претицања.

Сprovedена анализа односи се на гранични случај колизије између возила у претицању и возила у левом скретању, описан сликом бр. 4. Сваки другачији контакт између возила указивао би само на то да је разлика између тренутка преласка претичућег возила на леву половину коловоза и тренутка када је то учинило и возило у скретању, била још већа.

4. ЗАКЉУЧАК

Саобраћајне ситуације у којима долази до конфликта возила у претицању са возилом у левом скретању, често се завршавају саобраћајним незгодама. Ове незгоде се могу сматрати типичним, с обзиром да у највећем броју случајева предња десна страна претичућег возила контактира са левом бочном страном возила у скретању. Изузетак су незгоде у којима изостаје међусобни контакт, јер возач претичућег возила, у покушају избегавања незгоде, измицањем, најчешће у леву страну, доводи своје возило изван коловозне површине. Да би се извршила временско-просторна анализа овог типа незгода, неопходно је сагледати кинематику кретања оба возила учествовала у незгоди, непосредно пре међусобног контакта. У оквиру рада је дат приказ резултата новијих истраживања из области релевантне за анализу овог типа незгода. Временско-просторном анализом колизије возила у претицању са возилом у левом скретању, у граничним условима, показано је да код овог типа незгода у највећем броју случајева опасну ситуацију иницирају возачи возила у скретању, који ову радњу започињу у ситуацији када се друго возило већ налази у фази претицања. Изузетак томе биле би незгоде у којима се возила, током левог скретања, из одређеног разлога крећу брзином знатно мањом од уобичајене за овај маневар. Режим и брзину кретања возила током левог скретања потребно је, уколико је то могуће, утврдити техничким путем. Уколико пак не постоје услови за прорачун брзине возила у левом скретању, за потребе временско-просторне анализе, могу се користити и искази сведока и учесника незгоде везани за ову радњу.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1.] Богдановић, В., Папић, З., Рушкић, Н., Анализа интензитета бочног убрзања возила приликом претицања и престојавања, Техника - Саобраћај, Вол. 3, стр. 111-118, Савез инжењера и техничара Србије, Београд, 2010.
- [2.] Hegeman, G., et. al. Opportunities and advanced driver assistent systems toward overtaking, EJTIR, 5, no. 4, pp.281-296, Delft University of Technology, Delft, Nederland, 2005.
- [3.] Lee, E. S., Olsen E., Wierwille, W., A Comprehensive Examination of Naturalistic Lane Changes, NHTSA, Mart, 2004.
- [4.] Липовац, К., Саобраћајне незгоде у претицању, ВШУП, Београд, 1997.
- [5.] Malaterre, B., Ferrandez, F., Fleury, D., & Lechner, D., Decision Making in Emergency Situations. Ergonomics, 3 1(4), 1988.