

Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Друмски саобраћај

Предмет: Безбедност саобраћаја

Број индекса: 100/2009

Ђорђе М. Иванковић

ВОЗИЛО У САОБРАЋАЈУ

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Александра Јанковић, проф. - ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да проучи препоручену домаћу и страну литературу из области возило у саобраћају. На основу стеченог знања и прикупљених информација треба да установи све чињенице потребне за темељно анализирање, представљање и унапређење возила у саобраћају. Потребно је дотаћи и анализирати проблеме у овој научној области. Такође је потребно сагледати те исте анализе на конкретним примерима са предлозима за унапређење области возило у саобраћају.

Препоручена литература:

- [1] А. Јанковић, Д. Симић, Безбедност аутомобила, Машински факултет; Крагујевац, 1996.
- [2] Крсто П. Липовац: Безбедност саобраћаја, Београд, 2008.
- [3] А. Јанковић, Б. Александровић: Системи активне безбедности на возилу, Крагујевац, 2001.

У Крагујевцу, 23.01.2014.године

Ментор:

Проф. др Александра Јанковић

Резиме

Саобраћај је веома комплексна појава коју сачињавају четири основне компоненте: пут, возила, људи и околина. Побољшање нивоа безбедности саобраћаја се може остварити деловањем на све наведене елементе. У раду је приказан елемент возило, као и одређене радње возилом (претицање, вожња у кривини и у колони) које имају велики утицај на настанак саобраћајних незгода. Посебни услови вожње важе за кретање возила у колони, о чему је у раду приказан темељан основ. При маневру претицања возила догађа се велики број саобраћајних незгода са тешким последицама, па је детаљна анализа претицања возила приказна у раду. Досадашња истраживања у области безбедност саобраћаја на путу, истичу хоризонталне кривине као “црне тачке” саобраћајног система. Статистички подаци показују да се више од 50% саобраћајних незгода са смртно страдалима догоди на ванградским двотрачним путевима, а од тога више од половине на хоризонталним кривинама. Наведена чињеница указује да спој два фактора возила и пута, представља озбиљан проблем у безбедности саобраћаја, што је примарни разлог за анализу кретања возила у кривини, које је представљено у раду.

Кључне речи: возило у саобраћају, претицање возила, вожња у кривини, вожња у колони, bezbednost saobraćaja

Abstract

Traffic is a very complex phenomenon consisting of four basic components: time, vehicles, people and environment . Improving traffic safety can be achieved by acting on each of these elements. This paper presents an element of the vehicle, as well as a action vehicle (overtaking , vehicle in a curve and the column) that have a large impact on the occurrence of accidents. Special driving conditions apply to the movement of vehicles in the column, which is the fundamental basis for the work presented. When overtaking maneuvers the vehicle happens to a large number of traffic accidents with serious consequences, and a detailed analysis of overtaking vehicles story in the paper. Previous research in the field of safety for road traffic, say horizontal curve as a "black spot" of the traffic system. Statistics show that more than 50% of accidents with fatal casualties occur on rural two-lane roads, of which more than half of the horizontal curves. These facts indicate that the combination of two factors, the vehicle and the road, is a serious problem in traffic safety as the primary reason for the analysis of the vehicle in a curve, which is presented in the paper.

Key words: vehicle in traffic, overtaking vehicles, vehicle in a curve, ride in a column, Traffic safety

Садржај

1. Увод	4
2. Возило у саобраћају.....	6
2.1. Возило као кибернетски систем.....	6
2.2 Кретање возила по путу	6
3. Претицање возила.....	12
3.1. Претицање возила са леве стране.....	13
3.2. Кинематика возила у претицању.....	15
3.2.1. Кинематика возила у левом скретању.....	18
3.3. Претицање возила са десне стране.....	20
3.4. Претицање у раскрсницама.....	22
3.5. Претицање на местима забрана и у опасним ситуацијама.....	24
3.6. Претицање са престројавањем.....	28
3.7. Претицање после престројавања	29
4. Вожња у кривини.....	34
4.1. Кретање возила на равном хоризонталном путу у кривини	35
4.1.1. Превртање возила на равном хоризонталном путу у кривини	39
4.2. Кинематика кретања возила у кривини	41
5. Вожња у колони.....	43
6. Особине возила које утичу на безбедност саобраћаја	48
6.1. Конструкција возила.....	48
6.2. Врсте материјала у аутомобилској индустрији.....	48
6.3. Техничко одржавање	49
7. Закључак.....	50
8. Литература.....	52

1. Увод

Приликом безбедне вожње и одржавања возила треба познавати функционисање уређаја значајних за безбедност саобраћаја. Ту се убрајају: мотор са агрегатима, преносни механизам, систем за управљање, систем за кочење, точкови са пнеуматичима, светлосно-сигнални уређаји, уређаји који омогућавају нормалну видљивост, неки од помоћних уређаја и др.

Развој моторних возила је почео далеке 1860. године, када је Француз Жан-Жозеф Етјен Леноар (*Jean-Joseph Etienne Lenoir*) пронашао мотор са унутрашњим сагоревањем. Већ 1876. године Николаус Ото (*Nikolaus Otto*) конструише први мотор са компресијом смеше горива, а 1893. Рудолф Дизел (*Rudolf Diesel*) патентира кружни процес са различитим довођењем и одвођењем топлоте, односно први дизел мотор. Исте године Џон Бојд Данлоп (*John Boyd Dunlop*) патентира пнеуматике.

Године 1913. Хенри Форд (*Henry Ford*) уводи прву покретну траку у аутоиндустрији, а 1961. године почиње производња првих возила са турбопуњачем. Сигурносни појасеви почињу да се уграђују 1970. године. Први уређај против блокаде точкова (ABS) се 1978. године уграђује у путничко возило, а 1997. године Електронски регулациони систем стабилности возила (ESP). Данас већ постоје софистицирана возила са клима-уређајима, путним компјутером и скоро у потпуности аутоматизованим [1].

Основу за пројектовање путева и анализу саобраћаја представља однос између возила и пута. На пример, одређивање дужине трака за убрзавање и успоравање, максималног нагиба (подужног и попречног), зауставне и претицајне прегледности и др., зависе од разумевања понашања возила на путу, односно од карактеристика возила. Такође, карактеристике возила, утичу на одређивање начина контроле саобраћаја, ограничења брзине и временских интервала трајања светлосне саобраћајне сигнализације.

Две основне функције су значајне за проучавање карактеристика возила. Прво, омогућавају увид у пројектовање путева и компромисе које треба направити да би био задовољен широки спектар возила која ће се њиме кретати. Друго, формира основу за процену динамичких утицаја технологија савремених возила на постојеће принципе пројектовања путева и коловозних конструкција. Ова друга функција је нарочито значајна с обзиром на будуће новитете и технолошка решења возила. Такви новитети у аутомобилској индустрији утичу на осавремењивање начина и принципа пројектовања путева са гледишта безбедности, економичности и трајности.

Основни задатак теорије кретања возила је проучавање дејства сила на возило, односно њихових узрока и последица. Прва подела ове области може се извршити према карактеру подлоге по којима се возило креће, па се посебно разматрају:

- теорија кретања по тврдим подлогама (друмска возила), и
- теорија кретања по меким подлогама (ванпутна возила).

Од суштинског значаја је узимање у обзир механичких особина земљишта, пре свега његових напона и деформација по кретању, код проучавања кретања возила по меким подлогама. Кретање ванпутних возила проучава се у оквиру посебне дисциплине, обзиром на разноврсност типова земљишта, велики број утицајних параметара чије је су варијације у реалним условима често интензивне и стохастичке

(влажност, просторна расподела механичких својста, и итд.), као и због комплексног напонско–деформацијског понашања меког земљишта.

Возило се креће по недеформабилној подлози, односно механичка својства подлоге су таква да се њене деформације под утицајем возила могу занемарити, код проучавања кретања друмских возила. Дисциплина која проучава кретање возила по *тврдим подлогама* се уобичајено назива динамика возила.

Комплексан динамички систем са великим бројем степени слободе, представља возило. Уколико се посматра само тело возила (каросерија са припадајућим елементима), оно у општем случају представља тело са свих 6 степени слободе у простору. Поред тога, сваки од тачкова такође има по 6 степени слободе, чиме укупан број степени слободе достиже 30, без узимања у обзир било каквих унутрашњих померања тј. деформација (које се у стварности јављају у одређеној мери). С обзиром на везе између тачкова и возила, параметри који описују сва ова кретања су у међусобним интеракцијама. Исто тако, многи елементи исказују сложене форме понашања са изразитим нелинеарностима.

У општем случају, аналитичко моделирање кретања возила би из тог разлога довело до изузетно сложеног система једначина, при чему би била потпуно изгубљена прегледност и разумевање појединих утицаја и међузависности. Зато је детаљна анализа кретања возила предмет специфичних разматрања, при чему се за овакве анализе обавезно користе рачунарски подржане симулације. За потребе проучавања кретања возила и разумевање основних законитости, међутим, сврсисходна је анализа специјалних, поједностављених случајева кретања, који смањују број степена слободе и утицајних фактора, омогућавајући на тај начин бољу прегледност и разумевање система. Ови специјални случајеви се у пракси класификују према осама дуж којих делују силе које су од интереса па се тако динамика возила класификује на следеће целине:

- уздужна динамика – силе делују у правцу кретања; главни аспекти изучавања су отпори кретања и могућност њиховог савладавања, кочење итд.; кретање возила је транслаторно, параметри кретања се обично третирају као унапред задати; математички приступ је овде најједноставнији и базира се углавном на алгебарским релацијама;
- попречна динамика – силе делују у правцу попречне осе, од интереса је пре свега кретање возила у кривини; математички модели су по правилу знатно сложенији него код уздужне динамике, пре свега због комплексног понашања пнеуматика, али и због присуства већег броја утицајних фактора;
- вертикална динамика – силе делују у правцу вертикалне осе, подручје од интереса су осцилације возила и њихов утицај на комфор путника као и на контакт тачка са подлогом; углавном се заснива на примени теорије осцилација.

Чиониоци саобраћајних незгода на путевима су обично категорисани у три основне групе које чине – возач, возило и окружење. Учесталост ових фактора варира, било самостално или скупа заједно, како од врсте тако и од предмета истраживања, али је несумњиво да је присуство човека доминантно у највећем броју незгода (и до 95%) [1].

2. Возило у саобраћају

2.1. Возило као кибернетски систем

Кибернетски проблем који обухвата узајамно дејство четири фактора је посматрање понашања аутомобила у саобраћају. У те факторе спадају:

- Возило,
- Пут и окружење,
- Возач,
- Прописи који регулишу саобраћај.

Возило је у саобраћају посматрано као превозно средство намењено за превоз људи или терета, способно да се креће праволинијски и криволинијски, константном брзином или са убрзавањем тј. успоравањем. Возило, механички посматрано представља материјалну тачку.

Најважнији фактор представља пут када се разматра пропусна моћ саобраћаја, па се у том случају остала три фактора могу занемарити и практично се говори о пропусној моћи пута. Сам појам пропусне моћи пута подразумева највећу могућу учесталост саобраћаја у јединици времена, уобичајно за један час. Своди се на посматрану деоницу пута и на јединицу ширине пута за коју се узима један колотраг. Укупна пропусна моћ пута била би одређена као збир пропусних моћи свих колотрага пута.

Регулатор који својим чулима опажања, а нарочито чулом вида прима информације везане за пут и дешавања на њему је возач који узима у обзир возило и саобраћајне прописе да би одредио режим кретања возила. Возач при томе врши перманентну функцију „регулатора“ примајући непрекидно нове информације и коригујући стално режим кретања возила.

Прописи који регулишу саобраћај усмерени су у правцу повећања:

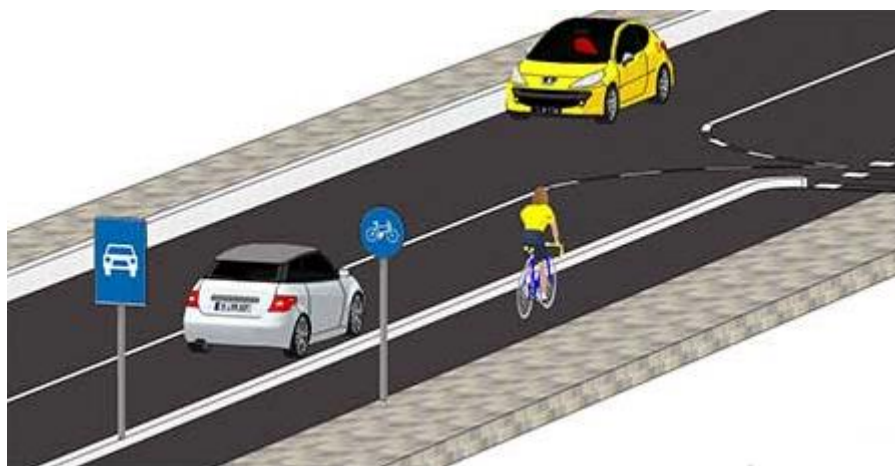
- Безбедности саобраћаја и
- Брзине саобраћаја.

2.2 Кретање возила по путу

За кретање возила возач мора да користи површину намењену за саобраћај оне врсте возила којим управља (нпр. бицикл користи бициклистичку стазу, аутомобил мотопут), осим у случајевима предвиђеним законом о безбедности саобраћаја (закон дозвољава вожњу бицикла на јавном путу уз одговарајућа ограничења), при чему је обавезан да управља возилом са нарочитом пажњом. Возило се креће десном страном коловоза, у смеру кретања, што ближе десној ивици коловоза [2].

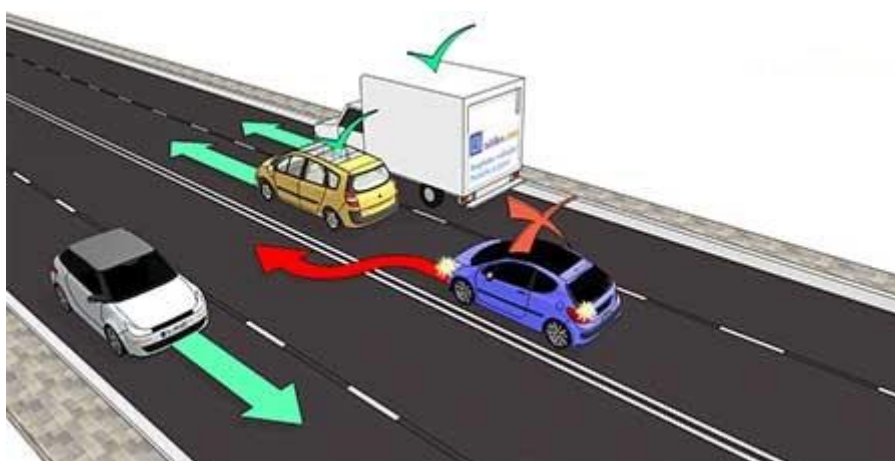
На слици 1 пута са две саобраћајне траке и бициклистичком траком, аутомобил се креће што ближе десној ивици коловоза.

На путу у насељу са најмање две саобраћајне траке за исти смер, возач може да се креће возилом саобраћајном траком која се не налази уз десну ивицу коловоза, ако тиме не омета возила (успорава саобраћај) која се крећу иза његовог возила.



Слика 1 – Кретање возила по путу

Међутим, то се не односи на возача теретног возила чија је највећа дозвољена маса већа од 3.500 kg, возача возила које на равном путу не може развити брзину већу од 40 km/h и на возача возила које није моторно возило, осим на делу пута испред раскрснице или другог места на коме возило скреће улево, односно када врши претицање или обилажење.



Слика 2 – Пут са две саобраћајне траке

На слици 2, пута са по две саобраћајне траке у сваком смеру, теретни аутомобил чија је маса већа од 3,5t мора се кретати крајњом десном траком. Исправно понашање учесника у саобраћају је обележено зеленом штиклицом, а погрешно црвеним крстићем.

Правило Рајсфешлуса¹ - Уколико је на путу са више саобраћајних трака (слика 3) за кретање у истом смеру онемогућен саобраћај на једној од трака или се трака завршава, возач који се креће у истом смеру, у саобраћајној траци поред, дужан је да омогући укључивање једног возила у траку којом се он креће.



Слика 3 – Пут са више саобраћајних трака

Ово саобраћајно правило налаже возачу да у случајевима гужви (застоји, колоне, и итд.), обавезно пропусти једно возило које се укључује са споредног пута у исти смер или се укључује из саобраћајне траке која се завршава. Ово правило се примењује у многим земљама јер је доказано да овакво, наизменично кретање возила, значајно убрзава саобраћај.

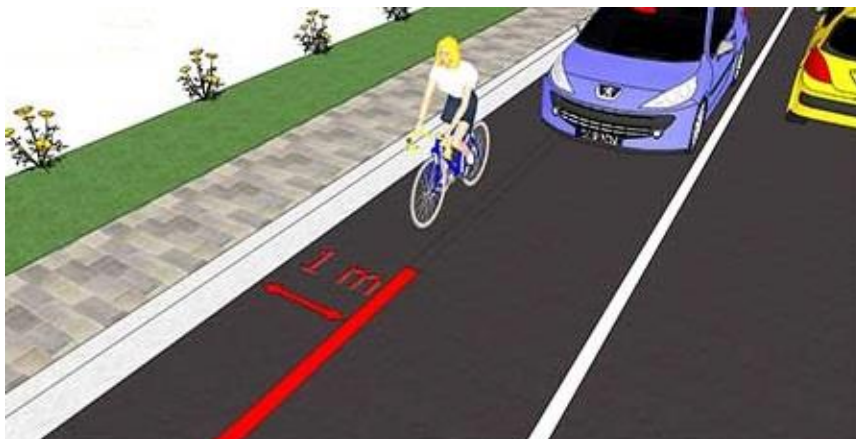
Знак који прати ово правило саобраћаја је наизменично пропуштање возила (слика 4), који означава место где се због завршавања саобраћајне траке, сужења коловоза и смањења броја саобраћајних трака, возила наизменично укључују у једну саобраћајну траку.

¹ „Правило рајсфешлуса“ је новина у Закону о безбедности саобраћаја на путевима (ЗОБС) – то је наизменично пропуштање возила из колоне, у којима постоји загушење саобраћаја, на сужењу пута (уско грло – уливање споредног пута у главни, смањење броја саобраћајних трака), без обзира на то ко по правилима саобраћаја или саобраћајним знацима има првенство пролаза.



Слика 4 – Наизменично пропуштање возила

За вожњу бицикла, где не постоји посебна стаза, односно трака, сме да се користи коловоз у ширини од највише један метар од десне ивице коловоза (слика 5).

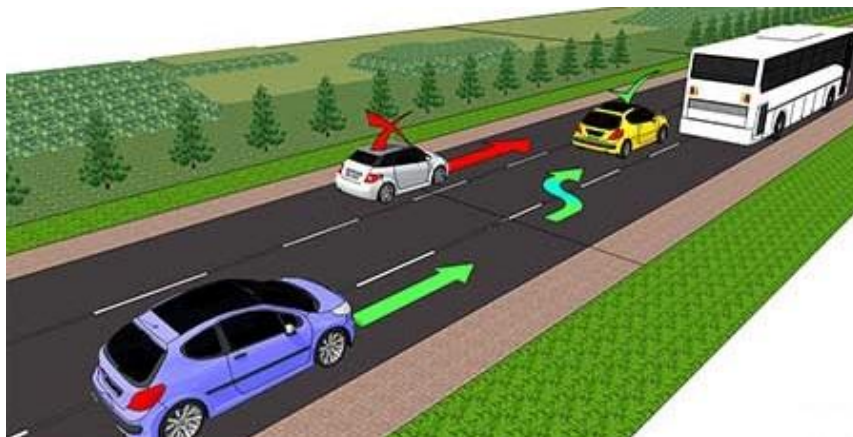


Слика 5 – Не постојећа стаза за бициклисте

На путу за саобраћај возила у оба смера на коме постоје најмање четири саобраћајне траке, возач не сме возилом да се креће, односно прелази на коловозну траку намењену за саобраћај возила из супротног смера.

На путу за саобраћај возила у оба смера на коме постоје три саобраћајне траке, возач не сме возилом да се креће саобраћајном траком која се налази уз леву ивицу пута у правцу кретања возила.

Пут са три саобраћајне траке, као на слици 6, где средња саобраћајна трака служи само за претицање, за возила из оба смера. Исправно понашање учесника у саобраћају је обележено зеленом штиклицом, а погрешно црвеним крстићем.

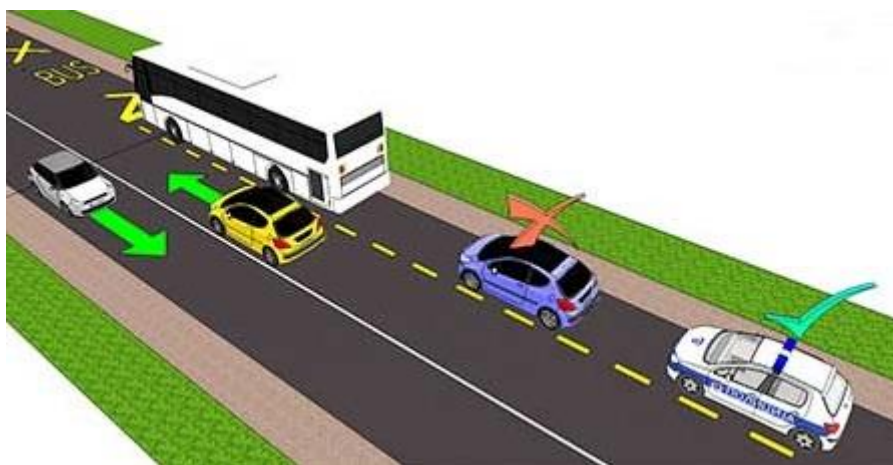


Слика 6 – Пут са три саобраћајне траке

На путу на коме су коловозне траке физички одвојене једна од друге, возач не сме возилом да се креће коловозном траком намењеном за саобраћај возила из супротног смера. На путу за саобраћај возила у једном смеру (једносмерна улица), возач не сме возилом да се креће у забрањеном смеру.

Возач не сме нагло да успори возило, осим у случају избегавања непосредне опасности. Возач који знатно успорава возило дужан је да то учини на начин којим неће угрозити, односно ометати возаче који се крећу иза њега. Возач се не сме кретати трамвајском баштицом, односно саобраћајном траком намењеном за кретање возила за јавни превоз путника (жута трака). Ту је саобраћај дозвољен, осим возилима јавног превоза путника, још само возилима са првенством пролаза и возилима под пратњом.

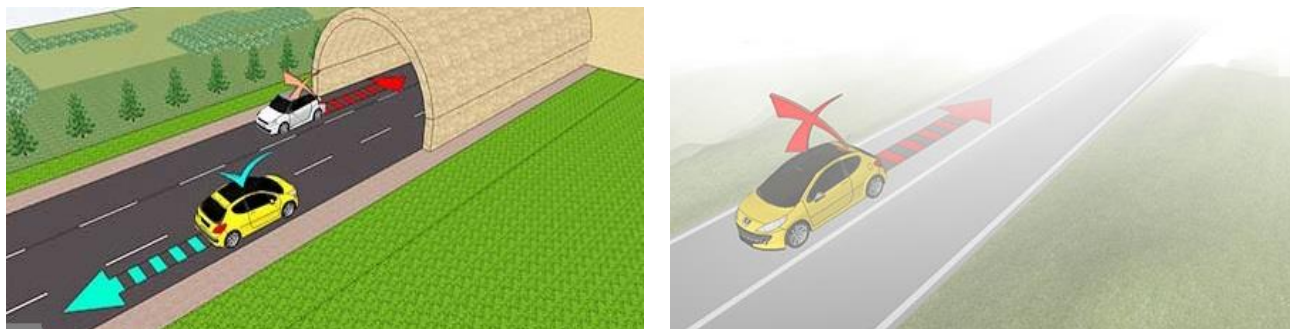
Возила са првенством пролаза и возила под пратњом могу се кретати жутом траком. Исправно понашање учесника у саобраћају је обележено зеленом штиклицом, а погрешно црвеним крстићем (слика 7) [4].



Слика 7 – Возила са првенством пролаза и под пратњом

Возач не сме да се креће возилом уназад. Кретање возилом уназад дозвољено је искључиво на кратком делу пута, оном страном коловоза којом се до тада возило кретало унапред ако се тиме не угрожавају нити ометају други учесници у саобраћају.

Кретање возила уназад није дозвољено на непрегледном делу пута, при смањеној видљивости, у тунелима, на делу пута где је забрањено заустављање и на прелазима преко железничке пруге (слика 8).



Слика 8 – Кретање возила уназад

3. Претицање возила

Претицање представља једну од најсложенијих и најопаснијих радњи са возилом у саобраћају јер у њему учествују најмање два возила у покрету. Дакле претицање је заобилажење возила у кретању под регулисаним саобраћајним правилима. У доста случајева претицање није препоручљиво, али основни знак на путу за дозволу претицања заједно са знаком брзине која се сме достићи на путу је бела испрекидана линија [5].

Претицање возач сме вршити само ако тиме не омета нормално кретање возила која долазе из супротног смера и ако на путу има довољно простора за безбедно извођење тих радњи (слика 10). Возач не сме да претиче друга возила кад тиме, с обзиром на карактеристике пута и постојеће околности на путу и у саобраћају или с обзиром на техничка својства возила којим управља, угрожава друге учеснике у саобраћају. Пошто се претицања изводе великом брзином и притом возач који претиче користи саобраћајну траку за возила из супротног смера, при доношењу одлуке о претицању мора се претходно промислити о свим елементима за сигурно извођење ове радње:

- прегледност,
- видљивост,
- стање и врста коловоза,
- положај осталих учесника у саобраћају,
- њихова брзина и намера,
- техничке могућности возила,
- важећа саобраћајна правила,
- саобраћајни знакови.

У свему томе возач мора поштовати законом прописане поступке, а све остало је ствар његове личне процене која произлази из његовог менталног склопа, његових ставова и могућности рационализације поступака.



Слика 10 – Претицање возила

3.1. Претицање возила са леве стране

Возач је дужан после извршеног претицања, да чим то буде могуће, без ометања или угрожавања осталих учесника у саобраћају, возилом поново заузме положај на саобраћајној траци којом се кретао пре претицања.

Претицање представља пролажење возилом поред другог возила које се креће у истој саобраћајној траци и истом смеру (слика 11).



Слика 11 – Претицање са леве стране

Како би се претицање могло обављати правилно и безбедно, возач се мора уверити да ову радњу може обавити, а да при томе не угрози безбедно одвијање саобраћаја.

Радња коју возачи бицикла и мопеда морају обављати веома опрезно је претицање. Најчешће возачи бицикла и мопеда претичу спора возила, као што су запрежна возила, радне машине и друге бициклисте и мопедисте.

Радње које возач бицикла и мопеда мора обавити код претицања су:

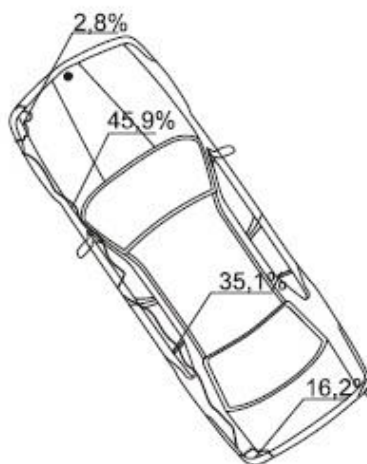
- окренути се и осмотрити саобраћај иза себе,
- дати знак одрученом левом руком или показивачем смера,
- повећати брзину кретања,
- извршити претицање,
- вратити се у саобраћајну траку уз десну ивицу коловоза.

По правилу се претицање обавља са леве стране. Возач који претиче дужан је да држи возило на потребном одстојању и растојању од возила које претиче, тако да га не омета нити угрожава у саобраћају. Возач коме је дат знак за претицање са његове леве стране у дужности је да помери возило ка десној ивици коловоза. Возач не сме да повећава брзину кретања возила док га друго возило претиче. Ако због недовољне ширине и стања коловоза претицање није могуће обавити безбедно, возач возила које се креће спорије него возила која се крећу иза њега дужан је да помери своје возило

што више удесно, а ако и то није довољно треба да заустави своје возило на погодном месту.

Примарни контакт се код судара возила у претицању са возилом у левом скретању у највећем броју случајева остварује између предњег десног угла возила које врши претицање и леве бочне стране возила које је у скретању. Изузетак случајева у којима до судара долази у завршној фази скретања возила улево, је када до контакта може доћи и између чеоне стране возила које врши претицање и задњег левог угла возила у скретању.

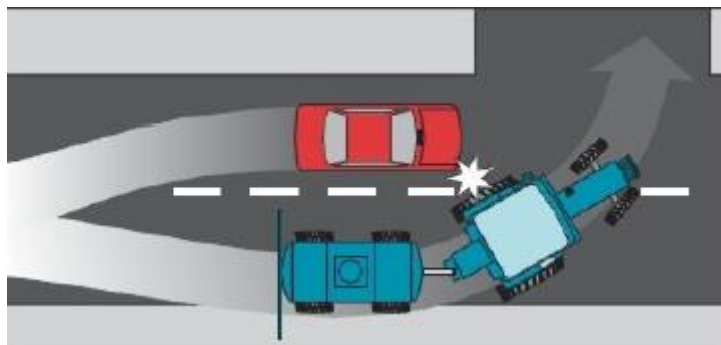
На узроку од 37 саобраћајних незгода у којима је дошло до судара возила у претицању са возилом у левом скретању, на основу те анализе чије су експертизе вршене на Департману за саобраћај ФТН-а (слика 12), утврђено је да се у седамнаест случајева контактна површина на возилу које је вршило скретање улево, налазила на предњој левој бочној половини возила. Контактна површина се налазила у тринаест случајева на задњој левој бочној половини возила. Контакт је остварен у шест случајева између остварене 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 12 – Дистрибуција позиција оштећења на возилима у левом скретању код судара са возилима у претицању, према експертизама Департамента за саобраћај, ФТН-а

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

На слици 13 су приказани судари возила у претицању са скупом возила у левом скретању, представљају посебан случај где због специфичних габарита и кинематика кретања постоји потреба за претходно измештање у десну страну. На основу таквог кретања возач може стећи погрешну слику да ће се транспортни састав изместити са коловозне површине у десну страну и закључити да намеравају радњу претицања може извршити на безбедан начин.



Слика 13 – Судар возила у претицању са скупом возила у левом скретању

Коализија не подразумева непосредан контакт између возила која учествују у незгоди. Што 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. Флуер је на основу истраживања реалних саобраћајних незгода утврдио да су у случајевима када је предузет маневар измицања возачи возило углавном измичу у ону страну у коју се кретала и препрека, што у конкретном случају подразумева измицање у леву страну, изван коловозне површине.

Како 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 скретњу, неопходно је претходно спровести кинематску анализу кретања ових возила непосредно пре незгоде.

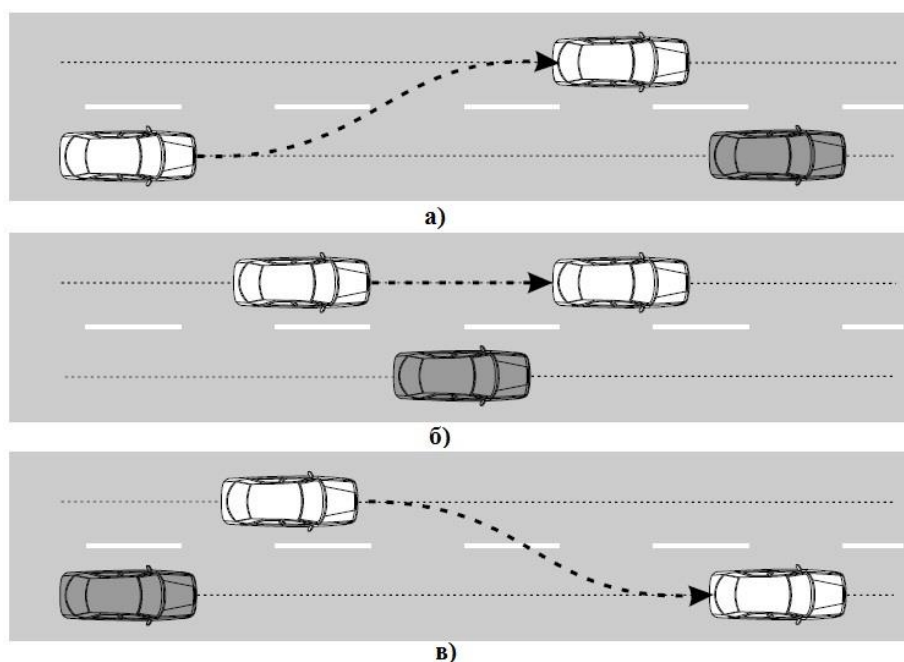
3.2. Кинемтика возила у претицању

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 ситуације², 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.

Што говори да се радња претицања састоји од два маневра измицања, једног у леву, а другог у десну страну и праволинијског кретања левом саобраћајном траком (слика 14).

² Саобраћајна ситуација је ситуација у саобраћају дефинисана положајем и начином кретања учесника, као и околностима и диманзијама од утицаја на понашање учесника.



Слика 14 – Приказ радње претицања по фазама: а) измицање у леву страну, б) кретање левом саобраћајном траком, в) измицање у десну страну

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

$$a_{yppt} = 0,20116 - 0,0011 \cdot V (g) \quad (1)$$

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 спорије категорије возила (трактори, радне машине, запреге и итд.), а последица су чињенице да се при мањим брзинама претицање најчешће отпочиње са блиског подужног одстојања [4].

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. За потпуну реализацију маневра критеријум бочног измицања возила приликом претицања је позиција у којој возило први пут заузима положај на коловозу паралелан оном на почетку маневра. Према анализи трајекторија возила током претицања на

узроку 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:

$$t_{e2} = 3,25 \sqrt{\frac{Y_{e2}}{\mu_s \cdot g}} \quad (1.1)$$

Y_{e2} — ширина поља бочног измицања приликом претицања (m),

μ_s — коефицијент бочног пријањања,

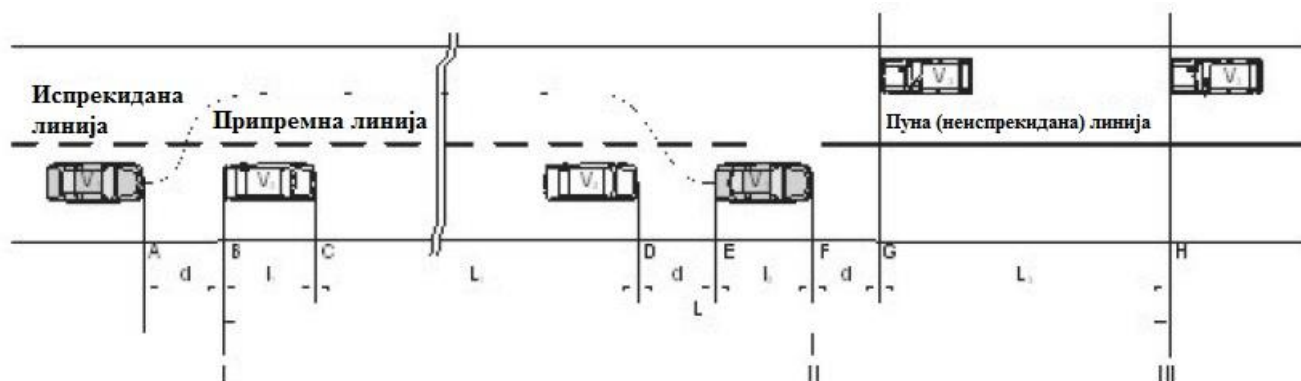
g — убрзање земљине теже (m/s^2).

Хегеман је спровео истраживања на основу којих је могуће дати грубу процену времена возилаведеног у претицању. Саму промену саобраћајне траке он третира као трећу фазу претицања, која следи након доношења одлуке о претицању (прва фаза) и припремних радњи за реализацију претицања (друга 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. Та фаза траје $1,5 \text{ s} \pm 0,5 \text{ s}$, док четврта фаза подразумева само претицање кретањем леве саобраћајне траке и траје $4,2 \text{ s} \pm 2,3 \text{ s}$. Могуће је искористити препоручене вредности које је дао на основу сбојих истраживања, уколико је познато време кретања возила у претицању левом саобраћајном траком до тренутка судара.

Шема процеса претицања возила је приказана на слици 15. Чињеница је да се полази од потребне дужине прегледности за безбедно претицање: пут који пређе претичано возило (V_2) и возило из супротног смера (V_3) за време претицања (t_{pr}) са одговарајућим заштитним растојањем (D):

$$S_{pr} = L = V_1 \cdot t_{pr} + V_2 \cdot t_{pr} + I + D \quad (1.2)$$

Време претицања (t_{pr}) представља разлику потребног времена да се пређе укупан пут претицања и пут до критичне тачке: $t_{pr} = t_1 - t_k$.



Слика 15 – Процес претицања на путу

Или време да се пређе „додатани пут“ претичућег возила:

$$t_1 = \sqrt{\frac{2(I_2 + d + I_1)}{a}} \quad (sec) \quad (1.3)$$

Безбедни размак после претицања је: $d = 0,5 V_1$, мада по новим истраживањима се може прихватити и: $d = 0,3 V_1$ (V_1 је дато у km/h).

На основу закона о безбедности саобраћаја на путевима по Члану 55. Став 6. предвиђа се да „возач који претиче је дужан да своје возило држи на потребном растојању и одстојању од возила које претиче, тако да га не омета нити угрожава друге у саобраћају“ [5].

Како би се утврдиле минималне дужине прегледности за безбедно претицање потребно је поћи од ситуације да се врши претицање путничког возила које се креће брзином од 60km/h, где му у сусрет долази друго возило са максимално дозвољеном брзином (80km/h). Зависно од реално могућег убрзања, потребно време претицања је:

$$t_{pr} = 4,3 - 5,3 \text{ s} \quad (1.4)$$

$$\text{а дужина прегледности: } S_{pr} = 210 - 240 \text{ m} \quad (1.5)$$

Дакле, појава возила из супротног смера на растојању мањем од 200 m може се сматрати опасном, па возач треба да одустане од започетог претицања, јер му је неколико пута ефикасније кочити него убрзавати возило.

3.2.1. 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 обаваштавање 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.

У највећој мери 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. Преко извршене анализе кинематике возила у левом скретању у програмском пакету *PC Crash*³, утврђено је да спољни радијус возила током овог маневра на несигналисаним раскрсницама, око 10 m. Из праволинијског кретања возило започиње маневар али у тренутку преласка преко осе коловоза или подеоне линије, оно је укошено у леву страну под углом од 5-10°. поводом спроведене анализе у табели 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).

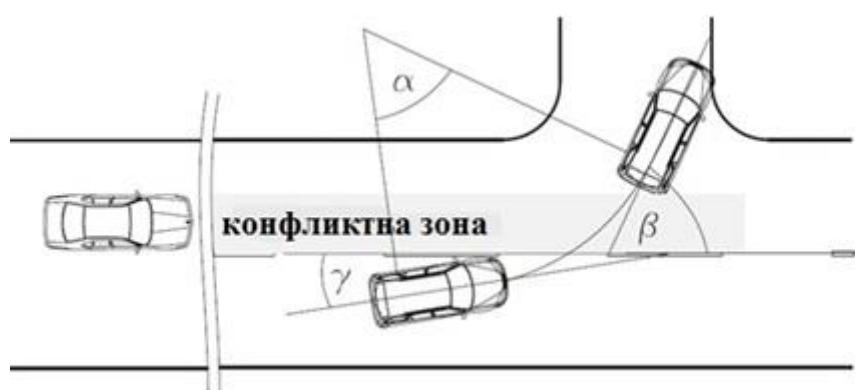
³ *PC crash* је програмски пакет чијом употребом је могуће прецизније анализирати елементе на основу којих је могуће утврдити узроке и околности под којима се догодила нека саобраћајна несрећа.

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

Место оштећења на возилу при 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

Кроз временско просторну анализу саобраћајне незгоде⁴ у којој долази до колизије возила у претицању са возилом у левом скретању потребно је показати који од учесника незгоде је радњу започео први, што се утврђује поређењем временаведеног у маневру до тренутка контакта. Опасна ситуација⁵ релевантна за анализу са кинематског аспекта 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. Што значи да ако је $t_{skret} > t_{pr}$ опасну ситуацију је изазвао возач возила које врши претицање.

Како би се 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 тог возила и задњег десног угла возила у скретању, као најзаосталије тачке на њему. Анализира се минимално време кретања возила у претицању и максимално време кретања возила у скретању (слика 16).



Слика 16 – Гранични случај за анализу колизије возила у претицању са возилом у левом скретању

⁴ Анализа саобраћајне незгоде је анализа околности под којима је настала незгода и анализа околности под којима би се незгода могла избећи, ради утврђивања узрока незгоде.

⁵ Опасна ситуација је саобраћајна ситуација која захтева реаговање бар једног учесника, у циљу избегавања незгоде.

α - угао скретања 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 16 се закључује да за анализу кретања возила кроз конфликтну зону може да важи релација:

$$\alpha \approx \beta - \gamma \quad (1.6)$$

3.3. Претицање возила са десне стране

Возило се претиче са десне стране, осим ако возило испред чека да скрене удесно, ако стоји, или ако возач и друга возила возе у означеним тракама. Дозвољено је у оваквим случајевима да се претиче и са леве стране уколико је безбедно.

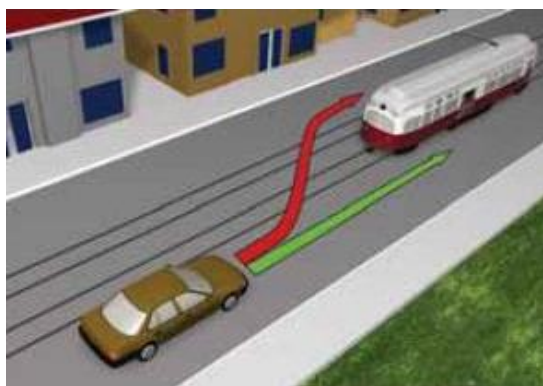
Возач обавља претицање са десне стране у следећим случајевима:

- возило које скреће улево и његов возач за то даје знак (слика 17)



Слика 17 – Правилно претицање са десне стране

- возило које се креће по шинама постављеним на средини коловоза, ако са десне стране тог возила постоји саобраћајна трака (слика 18), то возило не сме да се претиче са леве стране [6].



Слика 18 – Правилно претицање шинског возила са десне стране



Слика 19 – Знак „Забрана претицања свих возила на моторни погон, осим мотоцикла без приколице“

На слици 19 је дат приказ знака за забрану претицања који означава пут или део пута на коме је забрањено претицање свих возила на моторни погон осим мотоцикла без приколице и бицикла са мотором на два точка. Претицање је забрањено:

- испред врха превоја пута или у кривини кад је прегленост пута недовољна (слика 20), осим ако на тима местима постоји више саобраћајних трака намењених за кретање у истом смеру,
- непосредно испред и на прелазу пута преко железничке или трамвајске пруге у нивоу без браника или полубраника (слика 21),
- испред обележеног пешачког прелаза и на њему (слика 22),
- на путевима или деловима пута на којима је претицање забрањено саобраћајним знаком или ознакама на коловозу (слика 23).



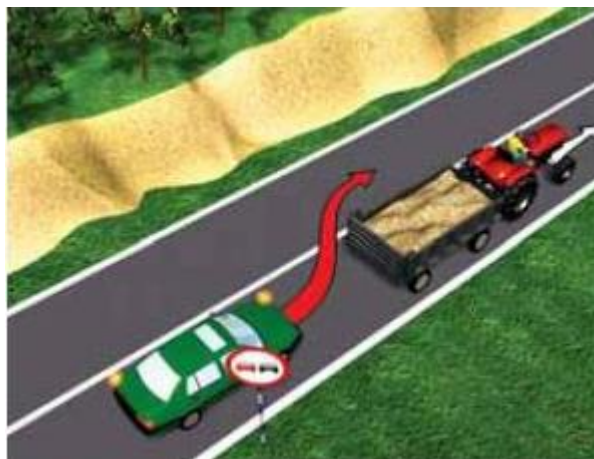
Слика 20 – Непрописано претицање



Слика 21 – Претицање преко железничке пруге



Слика 22 – Претицање испред обележеног пешачког прелаза и на њему



Слика 23 – Претицање на путу где је то забрањено

3.4. Претицање у раскрсницама

Забрањено је возачу да претиче друго возило, осим бицикла, мопеда, лаког мотоцикла и мотоцикла без бочне приколице, непосредно испред раскрснице (слика 24), или на раскрсници која није са кружним током саобраћаја.

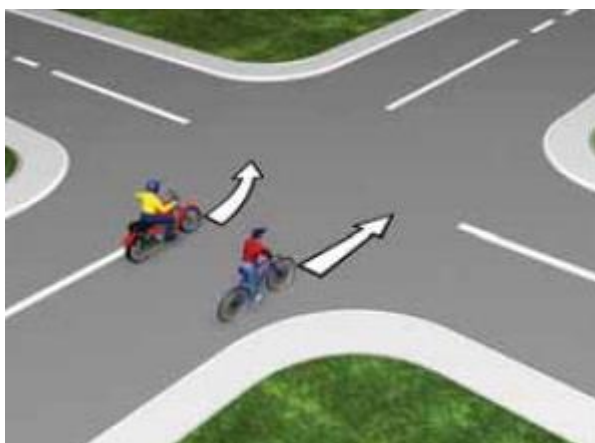


Слика 24 – Претицање возила у раскрсници

Испред раскрснице и на раскрсници возач сме да претиче:

- возило које скреће улево, а претиче се са десне стране (слика 25),
- возило које скреће удесно, али да притом својим возилом не прелази на део коловоза намењен за саобраћај возила из супротног смера (слика 26),

- возило које се креће на пут са правом првенства пролаза, као и кад је саобраћај на раскрсници регулисан светлосним саобраћајним знаковима (слика 27),
- када саобраћај на раскрсници регулише саобраћајни полицајац (сл. 28),
- на прелазу пута преко железничке или трамвајске пруге и непосредно испред у истом нивоу без браника или полубраника, кад је саобраћај на том прелазу регулисан уређајима за давање светлосних саобраћајних знакова (слика 29).



Слика 25 – Претиче се возило са десне стране



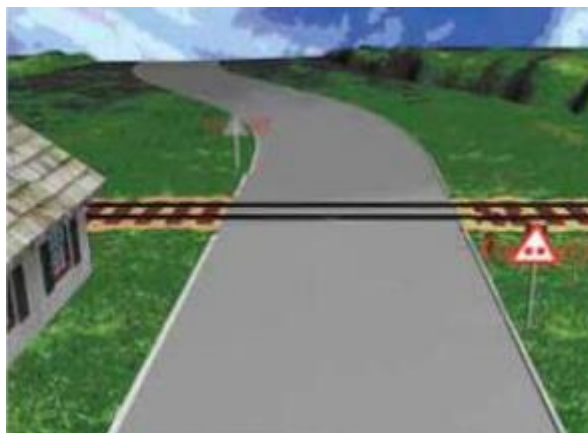
Слика 26 – Скретање возила удесно



Слика 27 – Возило на путу са правом првенства пролаза



Слика 28 – Саобраћајни полицајац регулише саобраћај на раскрсници



Слика 29 – Прелаз преко железничке или трамвајске пруге

3.5. Претицање на местима забрана и у опасним ситуацијама

На местима где је то забрањено и у условима када то није безбедно претицање је веома опасно. При претицању се у Србији догоди око 7%. У табели 2 су приказане те незгоде које су теже од осталих.

Табела 2 – Тежина саобраћајних незгода (СН) при претицању је већа него тежина осталих возила

	Број погинулих на 100 СН	Број тешко повређених на 100 СН	Број лакше повређених на 100 СН
СН при претицању	12,7	52,6	88,4
Остале СН	10,6	45,4	77,7
Све СН	10,7	45,8	78,4

На основу детаљне анализе великог узорка незгода у претицању у Србији, дошло је до закључка да се око 91% ових незгода догађа на прегледним деоницама, где је дозвољено претицање. Али, незгоде при претицању су посебно честе на путевима са великим дисперзијама брзина (много спорих возила), непосредно после дужих забрана и после деоница са смањеном прегледношћу (на почетку прегледних деоница са дозвољеним претицањем). То би требало имати у виду приликом планирања контроле претицања [6].

Традиционална контрола претицања се може вршити (непосредно опажање полицајаца на путу) и уз помоћ савремених уређаја са камером. Ти уређаји могу бити стационарни на одабраним местима, постављени у возилима или у хеликоптеру. Комбинованим радом патроле на земљи и снимањем из ваздуха (хеликоптера) се постижу оптимални резултати.

На слици 30 је дат приказ претицања које извршава зелени аутомобил, који претиче камион са полуприколицом који се спорије креће. Аутопут дозвољава веће брзине, па претицање на појединачним тракама је идеално за извршење претицања у овом случају.



Слика 30 – Претицање возила

Пошто како је већ речено, претицање спада у ред опасних радњи у саобраћају, за безбедно претицање потребно је: проценити брзину кретања возила које се жели претичати стања коловоза (влажан, снег, лед и сл.) уочити да ли долази возило у сусрет и колико је одстојање до њега проценити могућност свог возила (да ли мотор може да развије већу брзину у том тренутку за 20-30 km/h) [7].

Претицање константном брзином (слика 31):

$$\text{- Пут претицања: } S_{pr} = \frac{V_1(L_1+L_2+L_3+L_4)}{V_1-V_2} \text{ (m), } S_r \geq S_{pr} \frac{V_1+V_3}{V_1} \text{ (m)} \quad (1.7)$$

- Растојање од аутомобила које долази у сусрет:

$$S_{pr} \leq \frac{S_r V_1}{V_1+V_3} \text{ (m), } S_r \geq t_{pr} \frac{V_1+V_3}{3,6} \text{ (m)} \quad (1.8)$$

$$\text{- Време претицања: } t_{pr} = 3,6 \frac{S_{pr}}{V_1} \text{ (S)} \quad t_{pr} \leq 3,6 \frac{S_r}{V_1+V_3} \text{ (S)} \quad (1.9)$$

V_1 – брзина претичућег возила (km/h),

V_2 – брзина претицаног возила (km/h),

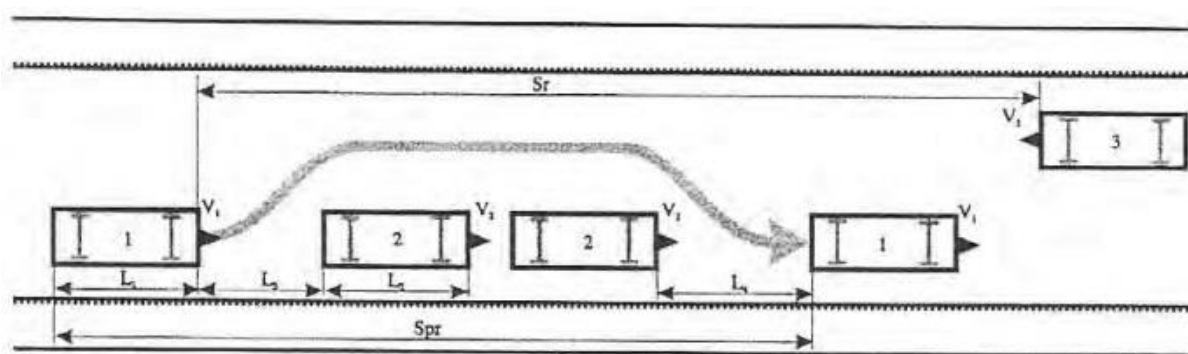
V_3 – брзина усусретног возила (km/h),

L_1 – дужина путничког возила (m),

L_2 – дужина путничког возила (m),

L_3 – размак између возила пре почетка претицања (m),

L_4 – размак између возила после претицања (m).



Слика 31 – Шема претицања возила 2 од стране возила 1

Проблем код претицања је процена простора који је потребан да се успешно изведе маневар. Без обзира да ли се претиче на путу са једном или више трака, претицање укључује ризик и захтева посебну опрезност. Уколико постоје било какве недоумице, најбоље је да се не започиње претицање и да се сачека док ситуација не постане безбедна.

Код претицања важе следећа правила:

- не прекорачује се дозвољена брзина;
- проверава се да је пут испред слободан и да има довољно простора за извођење претицања (провера бочне улице и друге траке како ништа не би могло да уђе у део пута којим ће се возило кретати приликом претицања);
- проверавају се огледала;
- укључују се показивачи правца када се мења позиција и држе се упалени довољно дуго да би упозорили друге на своје намере;
- проверавају се мртви углови, да нема мотоциклиста нити других возила, пре него што возило промени траку;
- пролази се возило остављајући довољно простора да се избегне судар (требало би да се види возило које је претицано у ретровизору пре него што се дође испред њега);
- даје се предност возилима која су већ у траци у коју возило прелази.

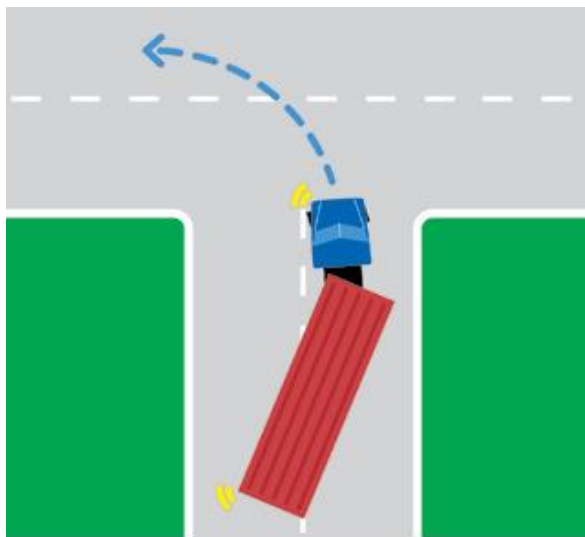
На путевима са ограничењем брзине већим од 80 km/h, или са знаком KEEP LEFT UNLESS OVERTAKING (користити леву траку осим ако се не претиче), мора се возити у левој траци уколико се нема жења за претицањем или скретањем удесно.

Када дође до претицања: не сме се повећавати брзина којом се возило креће; користи се лева страна и омогућава довољно простора за претицање, како би возило (које претиче) прошло и вратило се у своју траку; остати унутар своје траке.

Понекада превелико возило може ићи у пратњи полиције или „пилот возила“ (возило са трепћућим светлом) како би упозорили учеснике у саобраћају да је терет који прате или веома широк или веома дугачак. Морају се пратити инструкције које даје полиција. Такође треба да се прати свако корисно упутство које се добија из пилот–возила, под условом да се не долази у ситуацију кршења закона.

Када се прилази долазећем превеликом возилу треба бити опрезан и смањити брзину; возити лево од средишње линије; бити спреман да се возило помери на леву страну пута ако је неопходно. Посебно треба бити опрезан при претицању превеликог возила.

Такође, мора да се пази на велика теретна возила на којима је знак (слика 32) DO NOT OVERTAKE TURNING VEHICLE (не претичати возило када скреће) пошто таква возила могу користити више од једне траке приликом скретања улево или удесно. У једносмерној улици, дуго возило може користити обе траке да скрене десно или лево, ако је на њему истакнут знак DO NOT OVERTAKE TURNING VEHICLE (не претичати возило које скреће) [7].



Слика 32 – Кретање габаритних возила

Када дуго возило скреће (слика 33) и има знак DO NOT OVERTAKE TURNING VEHICLE не сме се прећи у леву страну ако скреће лево, нити у десну страну ако скреће десно. Треба посатупати опрезно кад су у питању велика, тешка возила која скрећу, а ако је возило на путу возилу које скреће, то возило у току скретања може да удари. Такво возило са истакнутим знаком не сме се претичати са стране на коју оно скреће.



Слика 33 – Претицање габаритног возила

Током претицања возач (V_1) који следи претицано возило (V_2) мора једнако-убрзаним кретањем да пређе следеће растојање (додатни пут претичућег возила):

$$I = d_1 + I_1 + d_2 + I_2 \quad (1.10)$$

d_1 – растојање слеђења возила,

I_1 – дужина претицања возила,

d_2 – заштитно растојање после претицања,

I_2 – дужина возила које врши претицање,

I – додатни пут претичућег возила.

У стручној литератури по правилу се прихвата да је $d_1 = d_2$, па возило у претицању треба да пређе пут: $I = 2d + I_2$. С обзиром на прецизно дефинисан положај „критичне тачке“, логично се закључује да се у „додатном путу“ возила током претицања може изоставити растојање слеђења (d_1) па израз добија коначан облик:

$$I = I_1 + d_2 + I_2 \quad (1.11)$$

Ова релација, поред раније прихваћених полазних параметара за анализу процеса претицања има значајан утицај на дефинисање потребне дужине прегледности за безбедоносно претицање и њену практичну примену. На слици је дат приказ шеме процеса претицања.

3.6. Претицање са престојавањем

На основу слике 34 аутомобил „1“ се налази иза аутомобила „0“ на растојању p_1 и брзине v_1 . Код аутомобила „0“ брзина је v_0 , а након времена T аутомобил „1“ налази се испред аутомобила „0“ на растојању p_2 .

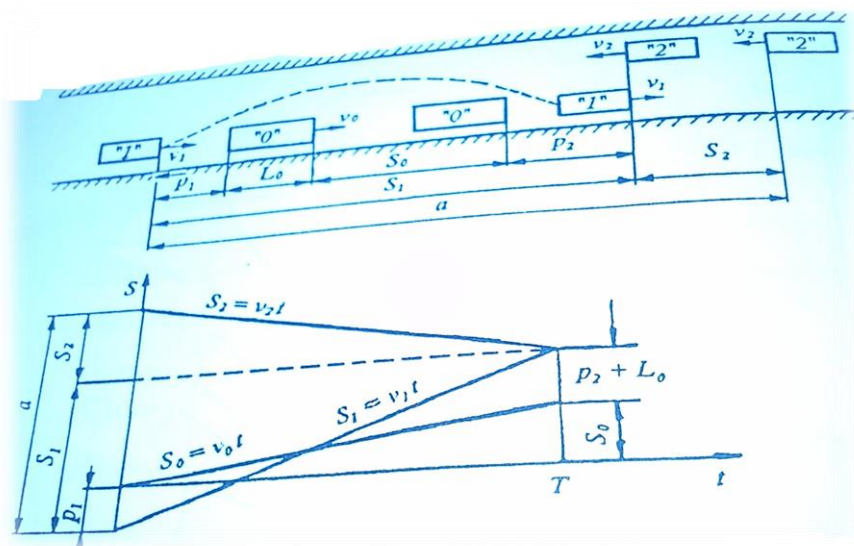
За време T , аутомобил „1“ је прешао укупан пут S_1 :

$$S_1 = v_1 \cdot T = v_0 + (p_1 + L_0 + p_2) \quad (1.12)$$

$$T = \frac{(p_1 + L_0 + p_2)}{v_1 - v_0} \quad (1.13)$$

А ако се претпостави да се у сусрет аутомобилу „1“ креће аутомобил „2“ брзином v_2 минимално потребно растојање „ a “ се добија помоћу ознака на слици.

$$\alpha = S_1 + S_2 = v_1 T + v_2 T = (v_1 + v_2) \cdot \frac{p_1 + L_0 + p_2}{v_1 - v_0} \quad (1.14)$$



Слика 34 – Промена растојања аутомобила при претицању [3]

3.7. Претицање после претстројавања

Претпоставља се да возач аутомобила „1“, тек што се престројио, примећује аутомобил „2“ који му долази у сусрет (слика 35).

Пут који аутомобил „1“ пређе је:

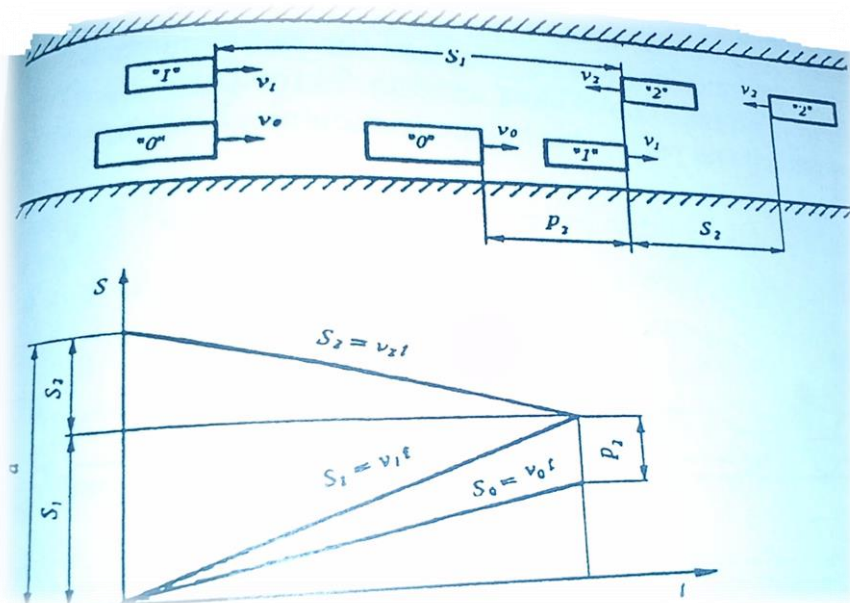
$$S_1 = v_1 T = v_0 T + p_2 \quad (1.15)$$

Потребно време за маневрисање је:

$$T = \frac{p_2}{v_1 - v_0} \quad (1.16)$$

Док најмање растојање је:

$$\alpha = S_1 + S_2 = (v_1 + v_2) \cdot \frac{p_2}{v_1 + v_0} \quad (1.17)$$



Слика 35 – Промена растојања аутомобила при претицању после престројавања [3]

Возач не сме возилом почети да претиче:

- колону возила (слика 36),
- ако је возач који се креће иза њега почео да претиче (слика 37) ако немате добар преглед долазећег саобраћаја и не можете да безбедно извршите маневар (не започињите претицање када прилазите узбрдици, кривинама или у условима слабе прегледности),
- ако је возач који је испред њега на истој саобраћајној траци дао знак да намерава претичати возило које је испред његовог возила (слика 38),
- ако саобраћајна трака којом намерава да изврши претицање није слободна на довољном растојању (слика 39),
- ако после извршеног претицања или обилажења не би поново могао да заузме положај на саобраћајној траци којом се кретао пре претицања или обилажења (слика 40),
- саобраћајном траком која је намењена за принудно заустављање возила (слика 41),
- непосредно испред тунела и у тунелу који по смеру кретања има само једну саобраћајну траку (слика 42),
- ако се друго возило зауставља или се зауставило на пешачком прелазу, раскрсници или пружном прелазу; преко пуне линије, осим ако линија која је до вас није непрекидана где се пут сужава.



Слика 36 – Забрана претицања колоне возила



Слика 37 – Претицање возача који се креће иза возила



Слика 38 – Возач испред даје знак за претицање



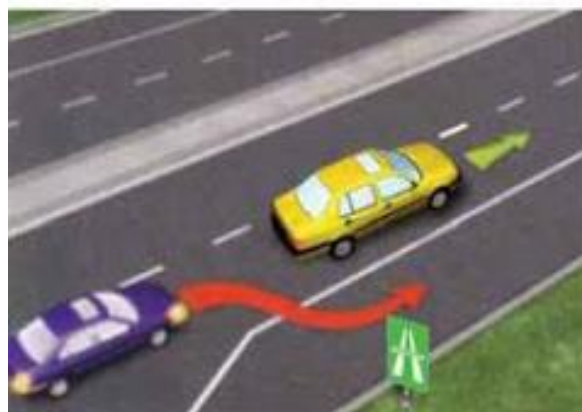
Слика 39 – Претицање неслободном саобраћајном траком

Сигурније врше претицања возила са јачим агрегатом снаге и остале маневре на путу, где се наравно не сме возити неодговарајућом брзином. Системи који контролишу тракцију (пренос вучних сила на пут) даље повећавају активну сигурност возила, посебно смањујући могућност пливања возила [8].

Казна за непоштовање прописа претицања преко пуне линије је од 15000 до 30000 динара уз 6 казних бодова и изрицање заштитне мере забране управљања моторним возилом у трајању од најмање 3 месеца.



Слика 40 – Немогућност заузимања истог положаја у саобраћајној траци као пре претицања



Слика 41 – Забрањено претицање саобраћајном траком намењеном за принудно заустављање возила



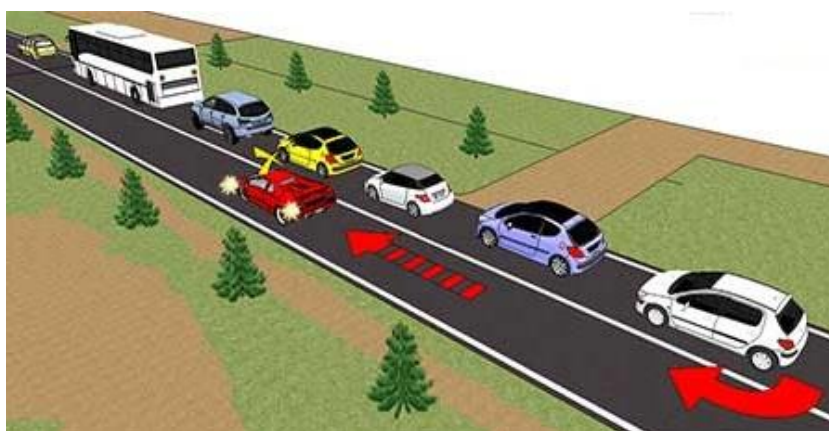
Слика 42 – Забрањено претицање непосредно испред и у тунелу

Такође није дозвољено претицање преко пуне линије (слика 43) без обзира на то колико се возило испред споро кретало. По пропису мора се возити иза док се не стекну услови да се претекне возило (док не престане пуна линија), а изузетак се може направити само ако се то возило пре тога заустави. У том случају, више се не ради о претицању, већ о обилажењу и то се сме учинити под условом да се возач претходно увери да је то безбедно.

Возач црвеног аутомобила претиче колону возила и то преко пуне линије (слика 44) чиме се његов начин вожње сврстава у категорију насилничке вожње. За такво понашање у саобраћају следује казна затвора од 30 до 60 дана и 15 казних поена, а уколико је возач приликом насилничке вожње проузрокује саобраћајну незгоду, казниће се казном затвора од 45 до 60 дана и 17 казних поена. Таквом возачу ће се изрећи и заштитна мера забране управљања моторним возилом у трајању од најмање девет месеци, а у случају да проузрокује саобраћајну незгоду изрећи ће му се заштитна мера забране управљања моторним возилом у трајању од најмање 10 месеци [8].



Слика 43 – Претицање преко пуне линије

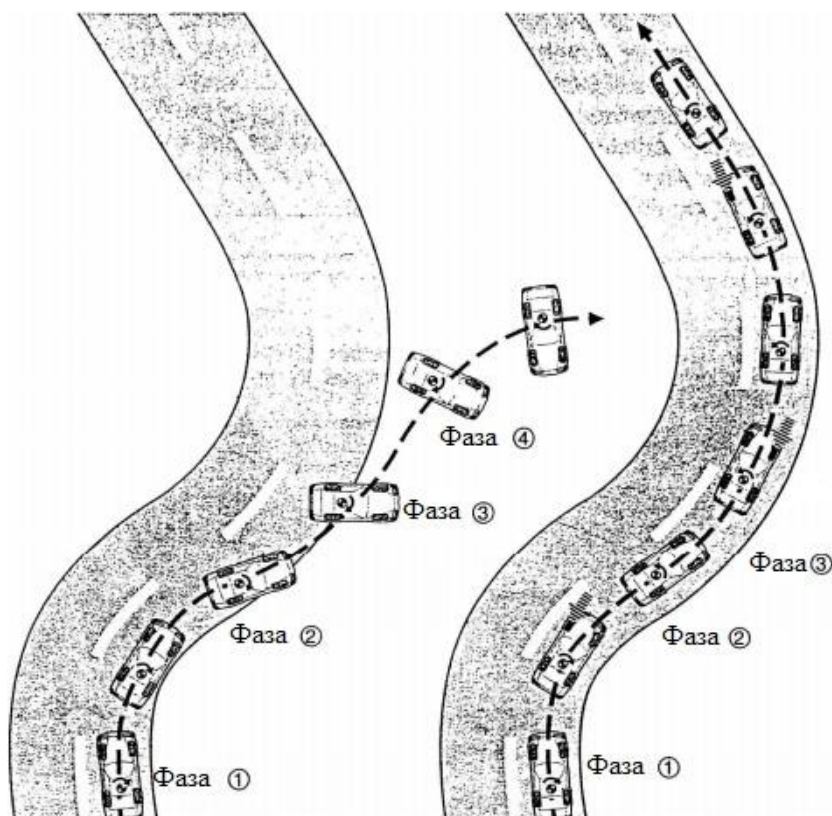


Слика 44 – Претицање колоне возила

4. Вожња у кривини

Путања возила током скретања у S кривини (лево-возило без ESP-а, десно возило са ESP-ом) [9].

1. Водач управља, појава бочне силе,
2. Појава нестабилности, ESP интервенише на десном предњем точку,
3. „Контрирање“, слика 45-лево: водач губи контролу; слика 45-десно: возило остаје стабилно,
4. Слика 45-лево: возило постаје неуправљиво, Слика 45-десно: ESP поново интервенише на предњем десном точку, извршена потпуна стабилизација возила.



Слика 45 – Кретање возила кроз S кривину

Поред вештине управљања квачилом, гасом и мењачем код скретања возила у зимском периоду је од велике важности је руковање управљачем. Сви покрети управљачем морају да буду лагани, поступни и правовремени. Није дозвољено нагло окретање управљача јер се на тај начин губи контрола над аутомобилом. У градским условима скретања у бочним улицама у неким случајевима морају да се изведу брзином пешака, а на путу кривине треба да се савладавају два до три пута мањом брзином од брзине на сувом путу. Промене саобраћајне траке треба да се изведу са што мањим окретањем управљача јер велика количина снега може да занесе аутомобил.

При разматрању брзине возила разликујемо три типа кривина:

- а) без попречног нагиба,

- b) са позитивним попречним нагибом,
- c) са негативним попречним нагибом.

4.1. Кретање возила на равном хоризонталном путу у кривини

Приликом кретања возила на равном путу, у кривини, јављају се центрифугална сила „ F_c “, која својом компонентом Y_c , са дејством из тежишта возила, има тенденцију да растеређује тачкове који су на унутрашњој страни кривине, односно за исту вредност оптерећују „спољне“ тачкове. И у оваквом случају може да се говори о нестабилности возила са аспекта превртања и са аспекта проклизавања у кривини [5].

Гранична брзина возила у хоризонталној кривини без попречног нагиба може се одредити према:

- a) гранична брзина возила на заношење:

$$V_{gz} \leq \sqrt{g \cdot \mu_b \cdot R} \quad [m/s] \quad (1.18)$$

g – убрзање Земљине теже $9,81 \text{ m/s}^2$,

μ_b – бочни коефицијент трења ($\mu_b \approx 0,8$),

R – радијус кривине m .

Гранична брзина возила у хоризонталној кривини са попречним нагибом (сл.51)

- a) гранична брзина возила на заношење одређује се према:

$$V_{gz} \leq \sqrt{R \cdot g \cdot \frac{tg\beta + \mu_b}{1 - \mu_b tg\beta}} \quad (1.19)$$

- a) гранична брзина возила на превртање се одређује према:

$$V_{go} \leq \sqrt{gR \cdot \frac{c + h_T tg\beta}{h_T - c tg\beta}} \quad (1.20)$$

Гранична брзина при кретању возила у кривини са негативним попречним нагибом

- a) гранична возила на заношење одређује се према: $V_{gz} \leq \sqrt{R \cdot g \cdot \frac{\mu_b - tg\beta}{1 + \mu_b tg\beta}} \quad (1.21)$

- b) гранична брзина возила на превртање се одређује према:

$$V_{go} \leq \sqrt{R \cdot g \cdot \frac{c - h_T \cdot \tan \beta}{h_T + c \cdot \tan \beta}} \quad (1.22)$$

Коефицијент пријањања – вредност ϕ зависи од:

- врсте и стања коловоза (материјал, чистоћа, влажност),
- врсте и стања пнеуматика (дубина и распоред шаре).

$$\phi = \{0.1 - 0.9\} \quad (1.23)$$

Коловоз прекривен ледом ≈ 0.1 ,

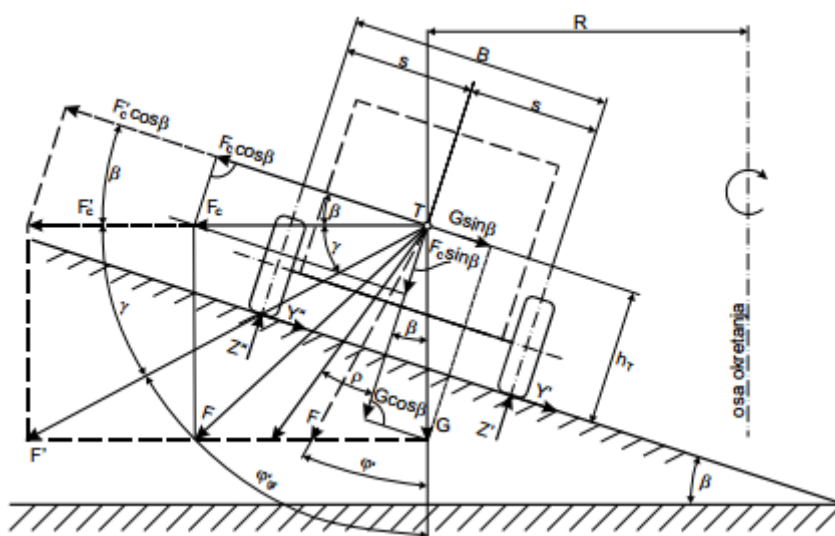
Нормална храпавост ≈ 0.5 ,

Ојачана храпавост ≈ 0.9 .

Стабилност возила у кривини може се посматрати као могућност бочног:

- заношења,
- превртања.

Како би се смањило заношење возила и обезбедио сигурнији пролаз у кривини коловоз се обично ради са бочним нагибом β у кривини. На слици 46 је дата скица возила у кривини са свим силама које делују на њега. Док је на слици 47 дат приказ деловања такве силе на пут, где се возило креће кроз кривину [10].



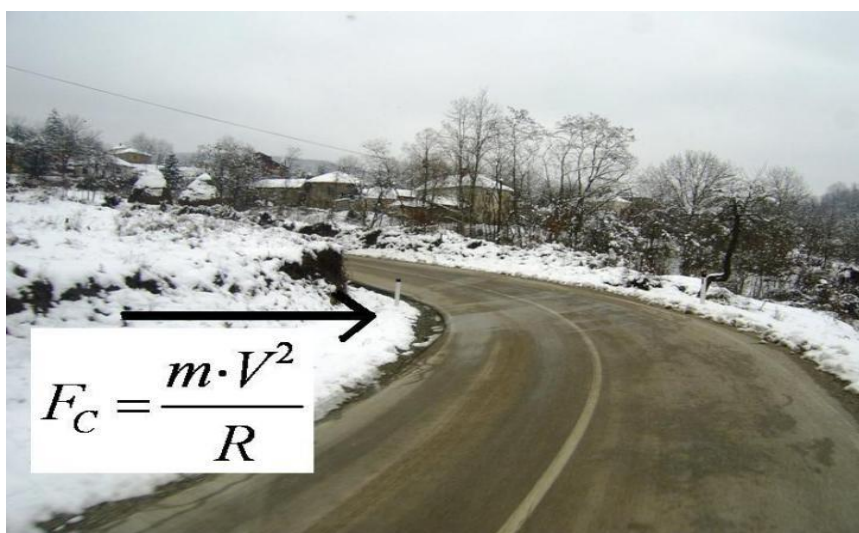
Слика 46 – Шема сила на возилу у кривини

$$\text{Центрифугална сила је: } F_c = \frac{m \cdot V^2}{R} = \frac{G}{g} \cdot \frac{V^2}{R} [N] \quad (1.24)$$

m = маса возила $[kg]$,

V = брзина возила $[m/sec]$,

R = полупречник кривине $[m]$.



Слика 47 – Кретање возила у кривини

Укупна бочна реакција тла ($Y' + Y''$) може се одредити из равнотеже силе у бочном правцу коловоза, као:

$$Y' + Y'' = F_c \cdot \cos \beta - G \cdot \sin \beta \quad (1.25)$$

Да не би постојало бочно клизање услов је да је сила пријањања у бочном правцу већа од бочних реакција, односно:

$$(G \cdot \cos \beta + F_c \cdot \sin \beta) \varphi \geq F_c \cdot \cos \beta - G \cdot \sin \beta \quad (1.26)$$

Резултујућу силу (F) која заклапа угао φ' са силом G чине центрифугална сила (F_c) и тежина возила (G) у тежишту возила T , где угао φ' може да буде:

$$\varphi' \geq (\beta + \rho) \quad (1.27)$$

Угао трења је ρ и дефинише се као: $\operatorname{tg} \rho = \varphi$ односно $\rho = \operatorname{arctg} \varphi$

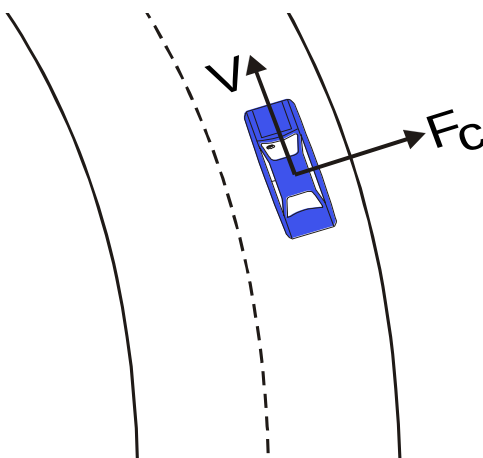
Уколико је $\varphi' < (\beta + \rho)$ возило пролази кроз кривину без заносења, а ако је $\varphi' > (\beta + \rho)$ онда наступа клизање, односно заносење возила. Угао φ' се назива угао заносења возила, а зависи од угла β и услова кретања возила (брзина возила, услова пута, карактеристике онеуматика). Граница заносења возила је када је:

$$F_c = G \cdot \operatorname{tg}(\beta + \rho) \quad (1.28)$$

Коришћењем израза (1.24) и (1.28) може се срачунати гранична брзина заносења возила као:

$$V_{g.z} = \sqrt{g \cdot R \cdot \operatorname{tg}(\beta + \rho)} \quad (1.29)$$

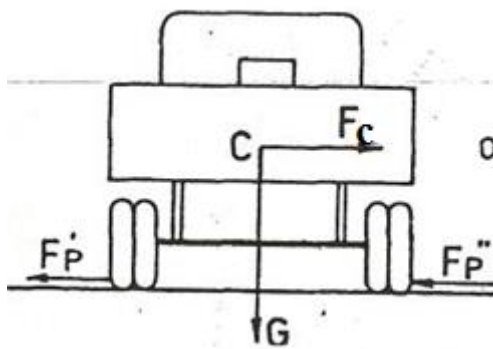
Центрифугална сила расте даљим повећањем брзине кретања возила изнад границе заносења ($V_{g.z}$), односно повећава се вредност резултујуће силе F . Када резултујућа сила F у тренутку достигне вредност F' (слика 48), која пролази кроз додирну тачку спољашњих точкова, долази се на границу превртања возила. Превртање возила изазива свако даље повећање центрифугалне силе.



Слика 48 – Кретање возила у кривини

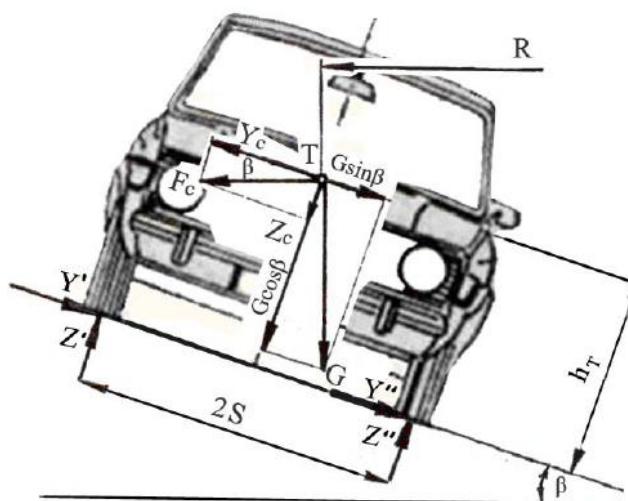
Утицај F_c на возило је двострук:

- тежи да возило исклизне са коловоза (слика 49),
- тежи да возило преврне око спољне додирне тачке точка и коловоза.



Слика 49 – Стабилност возила на исклизавање

4.1.1. Превртање возила на равном хоризонталном путу у кривини



Слика 50 – Дејство статичких и динамичких сила на возило у кривини

На слици 50 је приказано дејство статичких и динамичких сила на возило у кривини, а на слици 53 је приказан процес безбедног проласка возила кроз кривину.

- а) Гранична брзина возила на превртање (слика 52) одређује се према изразу:

$$V_{gp} \leq \sqrt{gR \frac{c}{2h_T}} \quad [m/s] \quad (1.30)$$

c – растојање од тежишта возила до осе превртања m ,

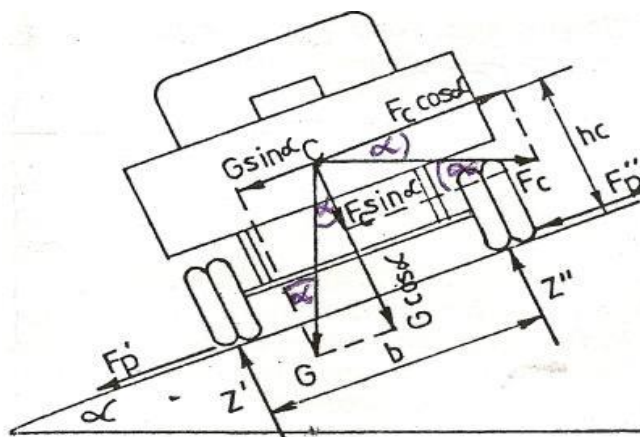
h_T – висина тежишта возила m .

Величина центрифугалне силе сразмерна је маси возила и квадрату брзине, а обрнуто пропорционална полупречнику кривине, дакле сила F_c се супроставља сила пријањања и тежина возила. [10]

$$F_p \geq F_c \quad (1.31)$$

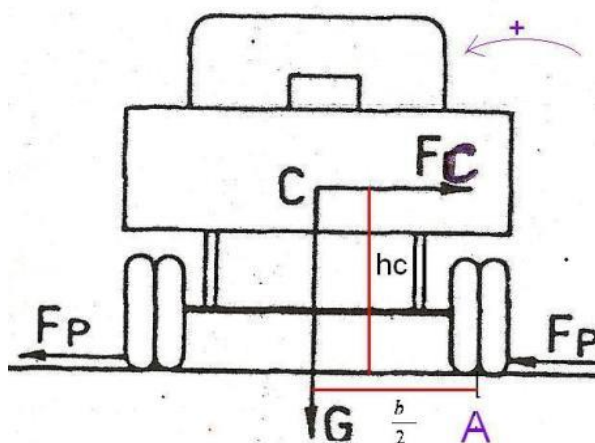
$$G \cdot \varphi \geq \frac{G \cdot V^2}{g \cdot R} \quad (1.32)$$

$$V \leq \sqrt{9,81 \cdot R \cdot \varphi} \quad \left[\frac{m}{sec} \right] \quad (1.33)$$



Слика 51 – Пут са попречним нагибом

$$V \leq \sqrt{9,81 \cdot R \cdot (\varphi + i_k)} \quad \left[\frac{m}{sec} \right] \quad (1.34)$$



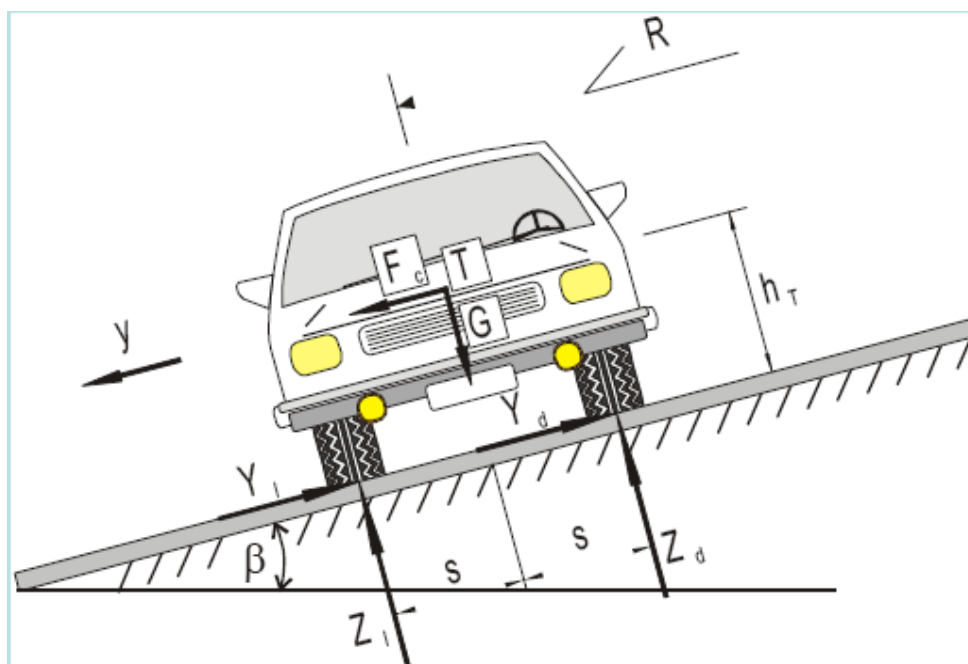
Слика 52 – Стабилност возила на превртање

$$\sum M = 0 \quad (1.35)$$

$$G \cdot \frac{b}{2} - F_c \cdot h_c = 0 \quad (1.36)$$

$$G \cdot \frac{b}{2} = \frac{G \cdot V^2}{g \cdot R} \cdot h_c \quad (1.37)$$

$$V \leq \sqrt{9,81 \cdot R \cdot \frac{b}{2 \cdot h_c}} \quad \left[\frac{m}{sec} \right] \quad (1.38)$$

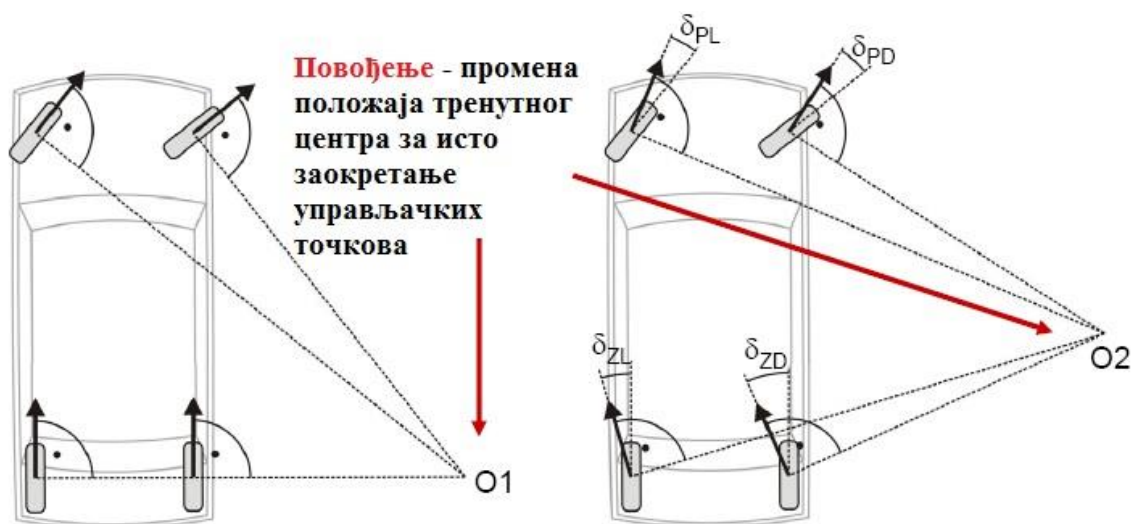


Слика 53 – Процес безбедног проласка кроз кривину

4.2. Кинематика кретања возила у кривини

Кинематика возила у кривини може бити (слика 54):

- са бочно крутим точковима (без повођења),
- са бочно еластичним точковима (утицај повођења).

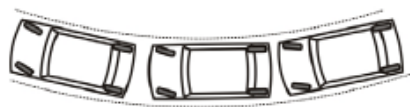


Слика 54 – Промена положаја тренутног центра – промена полупречника кривине

У односу на угао заокретања управљачких точкова/управљача, возило се креће:

- По кривини одговарајућег полупречника (слика 55),

- По кривини већег полупречника – „блажој“ (слика 56),
- По кривини мањег полупречника – „оштријој“ (слика 57).



Слика 55 – Неутрална
управљивост $\delta_p = \delta_z$



Слика 56 – Подуправљивост
 $\delta_p > \delta_z$

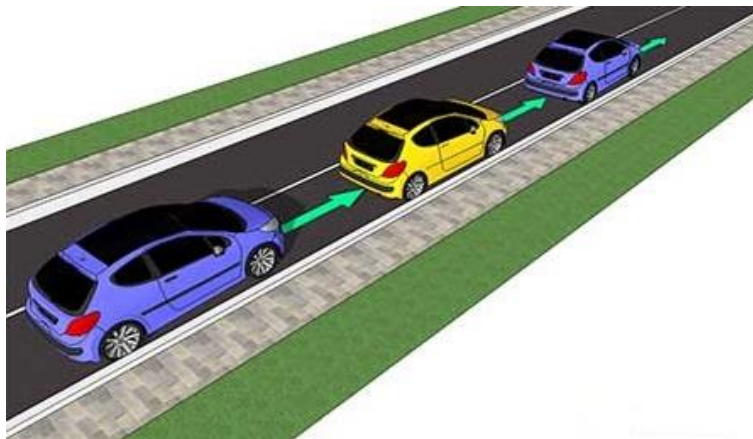


Слика 57 –
Надуправљивост $\delta_z > \delta_p$

Узроци појаве бочне силе су: кретање кроз кривину; бочни ветар; бочни нагиб пута.

5. Вожња у колони

Колона возила (слика 58) је низ од најмање три возила (осим бицикла, трактора, радне машине и запрежног возила) која су заустављена или се крећу једно иза другог истом саобраћајном траком у истом смеру, чији је начин кретања међусобно условљен и између којих не може без ометања ући у друго возило [11].



Слика 58 – Возила у колони

Код вожње у колони:

- 1) увек се одржава сигурна удаљеност од возила које се налази испред. При брзини од 90 km/h размак између возила треба бити 50 метара;
- 2) повећава се размак на узбрдици, а поготово на низбрдици, као и у случају када је коловоз мокар, залеђен или покривен снегом. Већи размак такође мора да се одржава у случају смањене видљивости (магла, јака киша, јак ветар или ако је возило испред више од тог возила);
- 3) Уколико је размак између два возила сувише мали излаже се опасности да се налети на возило које испред у случају његовог наглог кочења. Зауставни пут возила је дужи у отежаним путним и метеоролошким условима, а размак мора бити довољан ради избегавања изванредних ситуација или незгода;
- 4) Праћење све време возила у ретровизорима, као и возило које се креће иза. У колони се сви крећу подједнаком брзином;
- 5) Забрањено је претицање колоне јер је то велики ризик за све учеснике у саобраћају (слика 59);
- 6) Уколико дође до застоја, одмах се укључују сва 4 показивача смера, како би друге возаче упозорили да се приближавају колони заустављених возила и да требају успорити.



Слика 59 – Знак близине дела пута где у одређеним условима или другим околностима постоји опасност од „колоне возила“

У великој мери возња у колони (слика 60, 61) је заступљена у градовима, а с обзиром на тенденцију како развоја саобраћајница тако и густине саобраћаја. Постаје све чешћа појава и у међуградској возњи, а нарочито на аутопутевима. Карактеристични за возњу у колони су тзв. ланчани судари што представља велику опасност на аутопутевима због велике брзине возње.



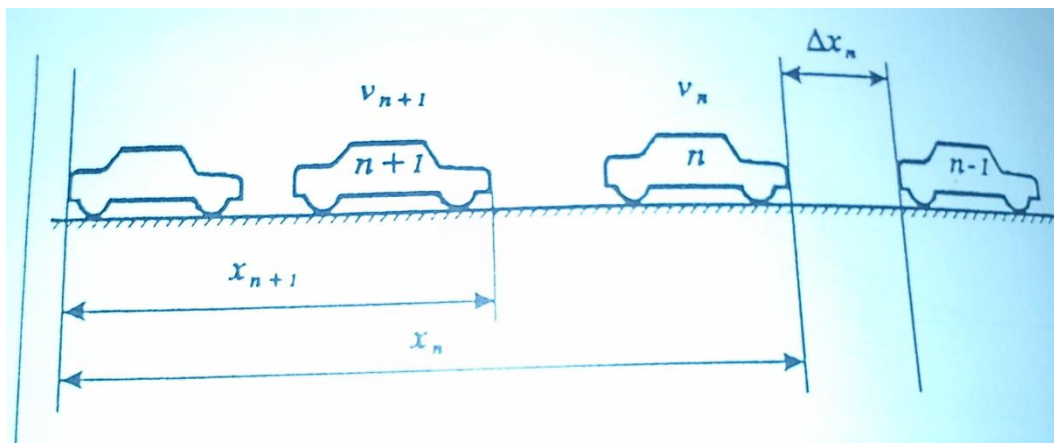
Слика 60 – Приказ забрањеног претицања возила, где се очигледно возила не придржавају



Слика 61 – Колона возила

Од возача се захтева за возњу у колони да држи растојање са возилом испред себе пратећи промену растојања између возила испред и свог возила и усклађујући брзину свог возила са тим растојањем [3].

Од изузетно великог значаја за овакав тип возње је фактор човек, односно време његове реакције на параметре колоне (растојање, брзина, сигнални уређаји). Шематски приказ возила у колони је дат на слици 62.



Слика 62 – Возила у колони [3]

На слици 62 су:

x_n – растојање од чела n – тог возила до краја последњег, N – тог возила у колони;

v_n – брзина n – тог возила;

Δx_n – растојање чеоних крајева n – тог и $n - 1$ – ог возила у колони.

Функција времена је растојање између возила које је дато:

$$\Delta x_n(t) = x_n(t) - x_{n+1}(t) \quad (1.39)$$

$n + 1$ – ог возила одржава растојање од n – тог возила (возила испред себе) прилагођавајући брзину кретања v_{n+1} и процењујући време које ће да му омогући безбедно кориговање растојања [12].

Ако је возач проценио да ће за време T_{n+1}' моћи да при брзини v_{n+1} одржи растојање Δx_n значи:

$$\Delta x_n' = T_{n+1}' \cdot V_{n+1} \quad (1.40)$$

Возач $n + 1$ возила одређује своје понашање не само према возилу непосредно испред њега, него и према осталим возилима у колони која су испред. Између два возила брзина промене растојања се уочава преко промене самог растојања или преко промене величине слике возила испред. Овакву визуелну информацију возач дискретно прима, односно у континуалном низу веома малих временских интервала.

Уколико је време кашњења реаговања возача T_{n+1}'' онда би промена растојања за то време била:

$$\Delta x_n'' = T_{n+1}'' \cdot \frac{d\Delta x_n}{dt} \quad (1.41)$$

Збиром релација би била изражена укупна промена растојања (1.40) и (1.41)

$$\Delta x_n' = T_{n+1}' \cdot v_{n+1} + T_{n+1}'' \cdot \frac{d\Delta x_n}{dt} \quad (1.42)$$

Диференцирањем релације (1.39) се добија:

$$\frac{d\Delta x_n(t)}{dt} = x_n(t) - x_{n+1}(t) = v_n - v_{n+1} \quad (1.43)$$

Замењујући (1.43) и (1.39) у (1.42) добија се:

$$x_n(t) - x_{n+1}(t) = T_{n+1}' \cdot v_{n+1} + T_{n+1}'' \cdot (v_n - v_{n+1}) \quad (1.44)$$

Не само при оцени промене растојања, већ и при подешавању брзине возач има кашњење па је функција промене брзине зависна не само од текућег времена t , већ и од треће компоненте времена кашњења T_{n+1}''' ,

$$-T_{n+1}''' \cdot v_{n+1} + v_{n+1} \quad (1.45)$$

Добија се развијањем Φ -је пропусне моћи једног колотрага $n = 1000 \cdot \frac{v}{k} (\text{min}) \left[\frac{\text{возила}}{\text{коло траг-сат}} \right] k (\text{min}) [m]$ односа брзине $v (km/h)$ и минималног корака једног колотрага у (m) ред и задржавањем на првом изводу:

$$v_{n+1}(t + T_{n+1}''') \approx v_{n+1}(t) + v_{n+1}(t) \cdot T_{n+1}''' \quad (1.46)$$

С обзиром на релације (1.44), (1.45) и (1.46) добија се:

$$x_n - x_{n+1} = T_{n+1}' \cdot [v_{n+1} + T_{n+1}''' \cdot v_{n+1}] + T_2 \cdot [v_n - v_{n+1} - T_{n+1}''' \cdot v_{n+1}] \quad (1.47)$$

Након диференцирања једначине (1.47) по времену и њеног сређивања добија се диференцијална једначина другог реда (једначина кретања) која описује динамичко понашање возила у колони у облику:

$$T_{n+1}''' \cdot (T_{n+1}' - T_{n+1}'') \cdot v_{n+1} + (T_{n+1}' - T_{n+1}'') \cdot v_{n+1} + v_{n+1} = v_{n+1} - T_n'' \cdot v_n \quad (1.48)$$

Аналогна је диференцијалној једначини осцилаторног елемента и може се тако анализирати.

На слици 63 је дат приказ покушаја обиласка колоне возила (која су под пратњом), на углу раскрснице, који се завршава исходом судара мотоциклисте у последње возило из колоне [12].



Слика 63 – Покушај обиласка колоне возила

6. Особине возила које утичу на безбедност саобраћаја

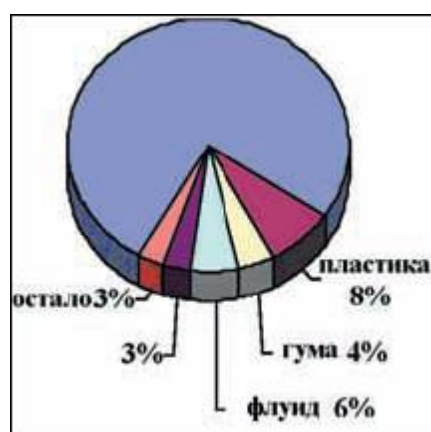
6.1. Конструкција возила

Сва моторна возила састављена су од основних склопова, механизма и система који омогућавају извршење основне функције возила и имају следеће главне системе и механизме: погонски агрегат са уређајима, систем преноса снаге, ходни систем (систем кретања), систем за управљање, систем ослањања, надградњу, носећу конструкцију, електричне уређаје и специјалне уређаје.

Конструкцијом и производњом возило добија одређене елементе од којих зависи безбедност саобраћаја. Конструкција треба да омогући израду што аеродинамичнијег, лакшег и безбеднијег возила, уз прихватљиву цену. Код новијих возила се у смислу повећане безбедности предња конструкција дели у зоне које су направљене од разних врста челика, мотор се углавном поставља попречно, кабина се осигурава шипкама, праговима и стубовима, предњи делови се раде од пластике ради заштите пешака и сл. Удео возила као чиниоца саобраћајних незгода званична статистика своди на 3% до 5%, али тај проценат је знатно већи јер се при увиђају након саобраћајне незгоде не могу до краја одредити поједини параметри возила као узрочници саобраћајне незгоде [4].

6.2. Врсте материјала у аутомобилској индустрији

У производњи возила све се више користе нови материјали. Пре свега се мисли на пластичне, као и рециклиране материјале. На неким возилима одбојници имају практично декоративну функцију, а за израду каросерије се користе тањи лимови. Такође је употреба алуминијума у све широј примени и на слици 9 је приказан процентуални удео појединих материјала на возилу. Поред значајног утицаја замора материјала, произвођачи ретко дају упутство када се неки део треба заменити из превентивних разлога.



Слика 9 – Поједини материјали на возилу

6.3. Техничко одржавање

Техничко одржавање моторних возила обухвата организацију радова чији је циљ одржавање функције возила у целини у исправном стању, а обухвата техничко опслуживање и оправку. Под техничким опслуживањем подразумева се скуп техничких послова који обезбеђују одржавање моторних возила у стању техничке исправности. Под оправком се подразумева скуп техничких послова ради отклањања неисправности и поновног успостављања технички исправног стања и радне способности моторних возила. Техничко опслуживање обухвата: спољну негу (прање, чишћење и брисање), редовно техничко одржавање (свакодневни прегледи и контроле општег стања возила) и снабдевања погонским материјалима (горивом, мазивом, ваздухом и разним течностима).

7. Закључак

У свакодневном животу, човек се често сусреће са разним потенцијалним опасностима, јер у 21. веку окружен многобројним предметима, околностима и сл. који су подобни да човека тешко повреде или га усмрте. Међутим, степен организације друштва у савременој цивилизацији довео је до тога да су многе потенцијалне опасности сведене на најмању меру, пре свега захваљујући многобројним прописима и правилима која се директно или индиректно односе на безбедност.

Друмски саобраћај је такође пун потенцијалних опасности које потичу од људи, путева, возила и околине. Питање које се зато намеће јесте колико су те потенцијалне опасности остварљиве у редовним условима саобраћаја, тј. да ли учесници у саобраћају треба да се понашају очекујући наступање неке могуће опасности, или у редовним условима не треба да се понашају тако. Одговор на то питање добија се применом начела које уређује степен поверења које учесник у саобраћају треба да има према осталим учесницима и субјектима саобраћаја.

Стабилност возила представља једну од експлоатационих карактеристика возила, која показује у његову способност да се у различитим условима креће без опасности да се занесе (проклиза) или преврне. Стабилност возила зависи од: конструкционих карактеристика возила (висина тежишта, размак осовина и точкова, систем ослањања...), својства пнеуматика и карактеристика подлоге.

Саобраћајне ситуације у којима долази до конфликта возила у претицању са возилом у левом скретању често се завршавају саобраћајним незгодама. Те 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 где 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 оваквог типа незгода, неопходно је сагледати кинематику кретања оба возила која су учествовала у незгоди, непосредно пре међусобног контакта. У оквиру овог рада је поред осталих паарметара и 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 приказано је да код оваквог типа незгода у највећем броју случајева опасну ситуацију иницирају возачи возила у скретању, који ту радњу започињу у ситуацији када се друго возило већ налази у фази претицања.

При кретању возила кроз кривину на возило делује више сила. Поред сила које настају услед попречног нагиба кривине, у кривини делује и центрифугална сила, која зависи од брзине возила, његове масе и радијуса кривине. Попречни нагиб пута који се ради у кривини има задатак да поред тога што обезбеђује одвођење воде од коловоза, смањи утицај центрифугалне силе. Због тога је његова вредност већа од вредности на путу у правцу. Ако пут има грађевинских недостатака – стари путеви који се сада реконструишу – и ако је кривина изграђена без попречног нагиба, или – што је још горе – са контра нагибом, то врло негативно утиче на стабилност возила.

Возач мора да држи безбедно одстојање од возила које се креће испред њега, тако да може благовремено да успори или се заустави, ако возило испред њега успори или се заустави. У том случају нови ЗБС (Закон безбедности саобраћаја) је прецизирао одребу постојећег ЗОБС-а који захтева од возача да држи одстојање, тако да не угрожава безбедност саобраћаја. Тиме се возачу не дозвољава поверење у возило испред, већ се захтева кретање којим ће се избећи налетање чак и у случају изненадног тј. непредвиђеног заустављања возила испред, а поготово када су колоне возила у питању.

8. Литература

- [1] Симић, Д.: Моторна возила, Београд, 1973.
- [2] <http://bs.scribd.com/doc/142179058/Knor-Dinamika-Motornih-Vozila-Skripta>, преузето са интернет странице 01.02.2014.
- [3] А. Јанковић, Д. Симић, Безбедност аутомобила, Машински факултет; Крагујевац, 1996.
- [4] Крсто П. Липовац: Безбедност саобраћаја, Београд, 2008.
- [5] А. Јанковић, Б. Александровић: Системи активне безбедности на возилу, Крагујевац, 2001.
- [6] <http://tkdv.files.wordpress.com/2012/02/teorija-kretanja-drumskih-vozila-skripta.pdf>, преузето са интернет странице 02.02.2014.
- [7] Богдановић, В., Папић, З., Рушкић, Н., Анализа интензитета бочног убрзања возила приликом претицања и престројавања, Техника – Саобраћај, Вол. 3, стр. 111-118, Савез инжењера и техничара Србије, Београд, 2010.
- [8] Hegeman, G., et. al. Opportunities and advanced driver assistant systems toward overtaking, EJTIR, 5, no. 4, pp. 281-296, Delft University of Technology, Delft, Nederland, 2005.
- [9] http://ttl.masfak.ni.ac.rs/TKV/VII.STABILNOST_VOZILA.pdf, преузето са интернет странице 04.02.2014.
- [10] <http://www.scribd.com/doc/23306533/6-STABILNOST-VOZILA-U-KRIVINAMA>, преузето са интернет странице 04.02.2014.
- [11] И., Филиповић: Мотори и моторна возила, Машински факултет Тузла, 2006.
- [12] http://www.rms.nsw.gov.au/licensing/downloads/ruh_200807_croatian.pdf, преузето са интернет странице 05.02.2014.