

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Друмски саобраћај

Предмет: Безбедност саобраћаја

Број индекса: 105/2013

Миленко И. Матић
Савремени системи пасивне безбедности
на возилима
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

др Данијела Милорадовић, ванр. проф. - ментор

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- дефинише предмет проучавања пасивне безбедности возила,
- опише елементе пасивне безбедности возила и савремене тенденције њиховог развоја,
- прикаже савремене системе пасивне безбедности возила на примеру актуелног модела возила по избору.

Препоручена литература:

- [1] Јанковић, А., Симић Д. *Безбедност аутомобила*. Крагујевац: DSP Mecatronic, 1996.
- [2] Тојагић, М. *Bezbednost drumskog saobraćaja*. Banja Luka: Evropski univerzitet Brčko distrikta, 2015.
- [3] Хусаин, А. Ш., Кузьмин, Ю. А. *Пассивна ябезопасность автомобиля*. Ульяновск: Ульяновски й государственный технический университет, 2011
- [4] Стефановић, А. *Мобилне машине и друмска возила – Скрипта*. Ниш: Машински факултет у Нишу, 2008.

Крагујевац, март, 2018.год.

Ментор:
др Данијела Милорадовић, ванр. проф.

Резиме

Овај завршни рад се бави најважнијим елементима пасивне безбедности возила. На почетку рада су дефинисани основни елементи пасивне безбедности и приказан је њихов развој. Даљим током рада, сви основни елементи пасивне безбедности су детаљно описани, почевши од каросерије возила, преко елемената за ограничавање кретања и делова унутрашњости кабине, до делова спољашњости возила. Приказане су њихове основне карактеристике и извршена је њихова анализа истичући безбедност возила као главни елемент. На крају рада је приказана техничка регулатива за пасивну безбедност, односно ЕСЕ правилници који третирају елементе пасивне безбедности возила. Анализе урађене у овом раду указују да ће сви елементи пасивне безбедности на возилу у наредном периоду бити даље иновирани и унапређивани у погледу безбедности.

Кључне речи: возила, пасивна безбедност, системи пасивне безбедности

Abstract

This paper deals with the most important elements of passive vehicle safety. At the beginning, the basic elements of passive safety are defined and their development is presented. In the following, all the basic elements of passive safety are described in detail, starting with the bodywork of the vehicle, through elements for restricting movement and interior parts of the car interior, to the parts of the exterior of the vehicle. Their basic characteristics are presented and their analysis performed, emphasizing the safety of the vehicle as the main element. At the end of the paper, the technical regulations for passive safety, i.e. ECE regulations that treat the elements of passive vehicle safety are shown. The analyses done in this paper indicate that all elements of passive safety on the vehicle will be further innovated and improved in the future in terms of safety.

Keywords: vehicle, passive safety, passive vehicle safety systems

САДРЖАЈ

1. Увод.....	1
2. Пасивна безбедност возила.....	3
2.1 Техничка регулатива у области пасивне безбедности возила	5
3. Елементи пасивне безбедности возила и тенденције њиховог развоја	7
3.1 Каросерија возила	7
3.1.1 Врсте каросерија возила.....	8
3.1.2 Провера каросерија са аспекта безбедности	14
3.1.3 Покретни делови каросерије.....	18
3.1.4 Конструкција савремених каросерија	21
3.2 Елементи за ограничавање кретања тела при судару	23
3.2.1 Седишта и наслони за главу.....	24
3.2.2 Сигурносни појасеви	29
3.2.3 Ваздушни јастуци	36
3.3 Делови унутрашњости возила у функцији пасивне безбедности.....	43
3.3.1 Површине и ивице унутрашњости возила.....	44
3.3.2 Сигурносна стакла	44
3.3.3 Точак и стуб управљача	46
3.3.4 Ножне команде.....	47
3.3.5 Облоге путничког простора	48
3.4 Делови спољашњости возила.....	48
3.4.1 Површине и ивице спољашности возила.....	48
3.4.2 Браници.....	49
3.5 Остали елементи пасивне безбедности	50
3.5.1 Заштита од пожара.....	50
3.5.2 Кациге за лица на возилима са два точка	52
4. Савремени системи пасивне безбедности - пример аутомобила Ауди А6	54
5. Закључак	57
Литература.....	58

1. Увод

Друмски саобраћај је један од најсложенијих, а по многим показатељима и најопаснији систем са којим се човек свакодневно среће. Аутомобил је симбол производа модерног друштва, а аутомобилска индустрија је једна од највећих у свету. Проналаском и развојем аутомобила, човек је успео да задовољи своју природну потребу за кретањем, проистеклу из сталне људске тежње за слободом. Са друге стране, моторно возило је једно од најопаснијих средстава савременог доба. У прилог томе говоре статистички подаци, према којима сваког дана на путевима широм света гине око три хиљаде људи, а међу њима око пет стотина деце. Основни узрочници саобраћајних незгода су човек, возило и пут. Међутим, возило и пут су под директним утицајем човека, јер човек производи и управља возилом, а такође и пројектује и изграђује путеве.

Повећање безбедности аутомобила данас представља циљ за велики број научника и стручњака, али и изазов који захтева примену најновијих кибернетских и технолошких решења. У свему томе, најважније је предузети све организационе и техничко-технолошке мере у циљу спречавања да дође до судара (активна безбедност), односно предузимањем мера обезбедити да, када се незгода не може избећи, негативне последице буду што је могуће мање (пасивна безбедност).

Смањење тешких последица у саобраћајним незгодама је проблем којим се бави наука о пасивној безбедности возила. Неоспорно је доказано да велики број смртних случајева при саобраћајним незгодама није морао да се деси, чак и упркос великим брзинама којим су се возила кретала.

Циљ овог рада је да се идентификују и објасне најважнији елементи пасивне безбедности возила (претежно аутомобила као најмасовнијег типа возила у саобраћају).

Најпре су приказани основни појмови пасивне безбедности, везе између возача, возила и окружења, као и одговарајуће техничка регулатива.

Након тога, анализирани су најзначајнији елементи и системи пасивне безбедности возила, почев од каросерије, као важног и комплексног дела возила, са гледишта конструкције и пасивне безбедности, затим елемената за ограничавање кретања тела при судару и елемената пасивне безбедности у унутрашњости и на спољашњости возила. Анализирани су најважнији склопови, као што су седишта и наслони, сигурносни појасеви и ваздушни јастуци. Дат је и приказ делова унутрашњости возила и њиховог утицаја на пасивну безбедност, нарочито површина и ивица ентеријера. У овом делу рада разматрана су и сигурносна стакла. Такође, разматрани су делови спољашњости возила са гледишта сигурности учесника у саобраћају изван возила, као што су површине и ивице екстеријера и браници. Од осталих елемената и система пасивне безбедности возила, описани су елементи заштите возила од пожара и кациге за лица на возилима са два точка.

Примена савремених система пасивне безбедности возила илустрована је на примеру модела возила Ауди А6 (*Audi A6 4.0 TDI Sportline 4x2 LHD*).

На крају су изведени одговарајући закључци у вези значаја уградње уређаја и система пасивне безбедности на возилима, као и о будућим правцима развоја ових система.

2. Пасивна безбедност возила

Код свих врста моторних возила, посебно место заузима питање безбедности. Проблеми везани за безбедност путника и возила у саобраћају су веома комплексни. Упрошћени модел система возач-возило-окружење, представљен је на **слици 2.1**.



Слика 2.1 Упрошћени модел система возач-возило-окружење [1]

Очигледне су интерактивне везе између возача, возила и окружења у коме је и пут. Када је реч о безбедности самог возила, као сложене машинске конструкције, она се може поделити на: активну безбедност, пасивну безбедност, општу безбедност возила (заштита од неовлашћене употребе и сл.) и еколошки квалитет возила (токсична издувна емисија, бука, радио-фреквентне сметње и сл.) [1]. С обзиром на циљ овог рада, даље ће бити разматране само чињенице које се односе на пасивну безбедност друмских моторних возила.

Повећање безбедности може се постићи предузимањем мера у циљу спречавања да до судара дође (активна безбедност) или предузимањем мера да последице буду минималне у случају да се судар догоди (пасивна безбедност). Следи да пасивна безбедност има за циљ да ублажи последице судара.

Повећана употреба електронских система у возилима омогућава интеракцију активне и пасивне безбедности, што доводи до интегрисања концепта безбедности.

Мере пасивне безбедности кабине односе се на:

- спречавање постојања оштрих и истурених предмета у кабини возила,
- адекватно ветробранско стакло,
- сигурносне појасеве,
- ваздушне јастуке,
- прилагодљив и померљив точак управљача,
- ослонце за главу.

Значајан део укупне законодавне регулативе која уређује одвијање саобраћаја на путевима односи се на техничке захтеве, односно захтеве које треба да задовоље сва возила која учествују у јавном саобраћају. Под појмом техничка регулатива, у овом раду се подразумевају само домаћи и међународни прописи који се директно или индиректно односе на пасивну безбедност моторних возила, као што су, на пример, међународни прописи, правила и норме који се односе се на:

- браве и системе за осигурање возила,
- точак управљача,
- места за причвршћивање појасева,
- сигурносне појасеве,
- седишта,
- елементе ентеријера,
- ослонце за главу,
- стакла,
- безбедност при ударима од позади,
- безбедност при чеоном судару,
- безбедност при бочном судару,
- безбедност при превртању,
- безбедност приликом пожара.

Полазећи од саме дефиниције пасивне безбедности, од функције појединих система и склопова на возилу, као и од важеће домаће и међународне законске регулативе, у овом раду ће бити разматрани следећи основни елементи пасивне безбедности:

- каросерија возила,
- елементи за ограничавање кретања тела,
- делови унутрашњости возила,
- делови спољашности возила,
- остали елементи пасивне безбедности.

2.1 Техничка регулатива у области пасивне безбедности возила

Значајан део укупне законодавне регулативе која уређује одвијање саобраћаја на путевима односи се на техничке захтеве, односно захтеве које треба да задовоље сва возила која учествују у јавном саобраћају. Под појмом техничка регулатива, у овом раду подразумевају се само они прописи који се директно или индиректно односе на моторна возила.

Захтеви које треба да задовоље возила да би учествовала у јавном саобраћају уређују се техничком регулативом, у начелу, на два нивоа. Први ниво чине захтеви у погледу опремљености возила и оних перформанси чија се испуњеност може релативно лако и брзо проверавати, уз помоћ једноставних мерних уређаја и инсталација. Други ниво чине захтеви који се односе на конструкцијске особине и перформансе возила за чије је одређивање, односно проверу потребно знатно више времена и често веома сложене мерне и опитне инсталације [2].

Испуњење захтева на првом нивоу проверава се, по правилу, на сваком појединачном возилу редовним или ванредним прегледима, на лицу места или у одговарајућим станицама за техничке прегледе. Ови захтеви обухватају, пре свега, перформансе система активне безбедности (кочни системи, светлосни уређаји, пнеуматици и др.), али се проверава и опремљеност возила уређајима и опремом значајном за пасивну безбедност (нпр. сигурносни појасеви и др.).

Прописи са захтевима другог нивоа се односе на разне врсте хомологационих испитивања ради одобравања типа возила, атестирање и друге врсте испитивања која се обављају на узорку једног одређеног типа возила који се серијски производи. При томе се подразумева, односно претпоставља, да су сва возила тог типа једнака, односно саобразна испитиваном узорку (што се у одређеним случајевима повремено и проверава). Прописи на овом нивоу су значајно шири од регулативе на првом нивоу, обухватајући и низ перформанси возила са становишта пасивне безбедности (чврстоћа каросерије, обликовање и уређење спољњих површина и унутрашњости возила и друго).

Хомологациона и друга слична испитивања спроводе се према посебним упутствима, прописима и правилима, и то уз помоћ обично сложених опитних и мерних инсталација. Овај део техничке регулативе је највећим делом уређен на међународном нивоу. За нашу земљу су у том погледу најважнији правилници Економске комисије ОУН за Европу, тзв. ЕСЕ правилници, а затим и одговарајућа регулатива Европске уније (ЕУ), односно ЕЕС Директиве. На развоју ових правилника и директива ради се већ низ година тако да данас већ има више стотина ових прописа. Један део ЕСЕ регулативе је сходно одговарајућим међудржавним уговорима (о узајамном признавању хомологација) укључен и у наше позитивне прописе, те се примењује и у нашој земљи. Међутим, настојања да наша земља постане равноправни члан Европске уније изискује нужност да се укупна техничка регулатива ЕУ пренесе и у наше законодавство [2].

Ако се говори о степену утицаја на безбедност саобраћаја постојеће, обимне и детаљно разрађене техничке регулативе, могло би се тврдити да овако детаљна и све сложенија техничка регулатива није, бар до сада, значајније допринела већој безбедности саобраћаја. При одмеравању ових аргумената, међутим, мора се имати у виду и чињеница да су данашња возила сасвим другачија од ранијих, да су им перформансе много боље, не само динамичке (убрзање, брзина), већ нарочито перформансе активне и пасивне безбедности, да су много стабилнија, да боље коче на клизавим путевима, итд. То значи да се може тврдити да би са овако много динамичнијим возилима, у условима веома фреквентног друмског саобраћаја, а без данашње строге и детаљно разрађене техничке регулативе, безбедност саобраћаја била више угрожена и да би без ових прописа возило чешће било узрочник удеса [2].

3. Елементи пасивне безбедности возила и тенденције њиховог развоја

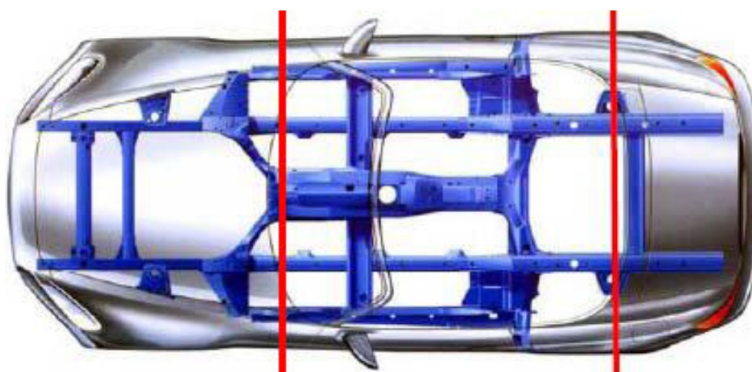
3.1 Каросерија возила

Каросерија путничког аутомобила служи за смештај и заштиту од спољних утицаја возача, путника и пртљага, као и за смештај агрегата и склопова возила (погонски агрегати, резервоар, електрични уређаји и др.). Каросерија је и значајна компонента пасивне безбедности возила. Наиме, у случају судара са другим возилом или удара у баријеру, кинетичка енергија аутомобила претвара се у рад на деформацији каросерије и других елемената. У том смислу се посебно, још у фази пројектовања, дефинише носећа структура која јој обезбеђује чврстоћу. Такође, пројектују се и деформабилне зоне возила. Сви агрегати који се уграђују у аутомобил морају имати одговарајуће ослонце и носаче, што се даље обезбеђује адекватним пројектовањем носеће структуре. Даље, носећи део каросерије садржи већи број различитих ојачања чији је задатак да заштите путнички простор при судару. Са друге стране, функција деформабилних зона каросерије јесте да својом деформацијом апсорбују што више енергије, односно да кинетичку енергију при судару "потроше" на рад у деформисању делова.

На **слици 3.1** приказана су три основна дела каросерије (тзв. „тро-запреминске“ каросерије):

- простор за смештај погонског агрегата,
- простор за смештај путника,
- простор за смештај пртљага.

Предњи и задњи део каросерије треба да буду деформабилни како би својом деформацијом при судару пригушили целокупну кинетичку енергију и на тај начин заштитили путнички простор, који треба да има већу крутост.



Слика 3.1 Ојачања тро-запреминске каросерије путничког аутомобила [1]

Поред наведених захтева у погледу чврстоће путничког простора и деформабилности осталих делова при судару, каросерија мора да задовољи потребе у погледу економичности производње, кроз редуковање масе возила, односно смањење

утрошка материјала и у погледу економичности у експлоатацији, а пре свега кроз смањења потрошње горива.

3.1.1 Врсте каросерија возила

На основу свега напред наведеног, произилази да каросерија возила има комплексну улогу која подразумева више функција. То практично значи, да је, када се дефинише конструктивно решење каросерије, неопходно имати у виду све њене задатке, као што су:

- искоришћење простора: уградња аутомобилских склопова и делова, смештај путника и корисног терета;
- ергономски услови: стање које омогућава коришћење возила од стране возача и путника у смислу приступности командама, могућности контроле, удобност седишта, унутрашња и спољашња видљивост;
- климатски комфор у путничком простору, било за генерисање и одржавање топлоте или одузимање топлоте или за спречавање провођења топлоте изван дефинисаног простора;
- акустична и вибрациона удобност, подразумева структуру каросерије и структуру седишта;
- пасивна безбедност, добијена кроз структурно понашање каросерије током судара са циљем да се избегну или смање повреде путника и
- структурна целовитост и отпорност на временске утицаје [3].

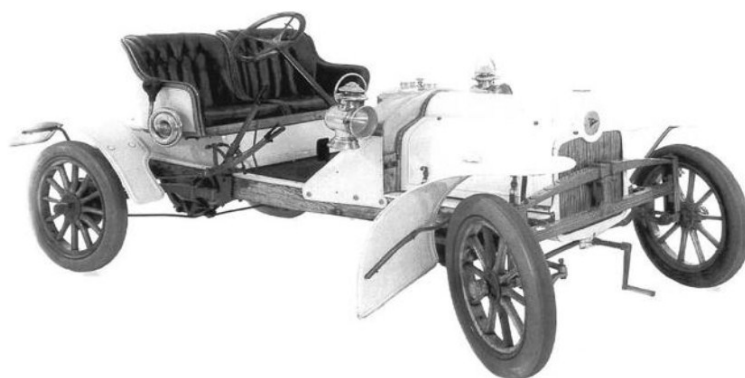
Према концепцији, овај сложени аутомобилски склоп може бити:

- каросерија са неинтегрисаним рамом шасије;
- каросерија са делимично интегрисаним рамом шасије и
- самоносећа каросерија.

Каросерија са неинтегрисаним рамом шасије

Концепција каросерије са неинтегрисаним рамом шасије данас углавном налази примену само код теретних аутомобила. Историјски гледано, у структури аутомобила рамови шасије су некада обезбеђивали све потребне везне тачке за монтажу механичких компоненти и носили су комплетну каросерију. Тако се може рећи да су овакве каросерије у време настанка аутомобила представљале „некорисно“ оптерећење рама.

Први рамови шасије су израђивани од дрвета или челика. Челични рамови су произвођени или савијањем исечених трака, или од цеви, према већ постојећем технолошком циклусу. На **слици 3.2** приказан је дрвени рам шасије из 1907. године. Овај аутомобил карактеришу две масивне дрвене греде са стране и каросерија израђена од сечених и савијених челичних панела. Очито је да у то време произвођач није имао одговарајуће алате за савијање дебљих челичних плоча или трака, па је стога за израду рама користио дрво.



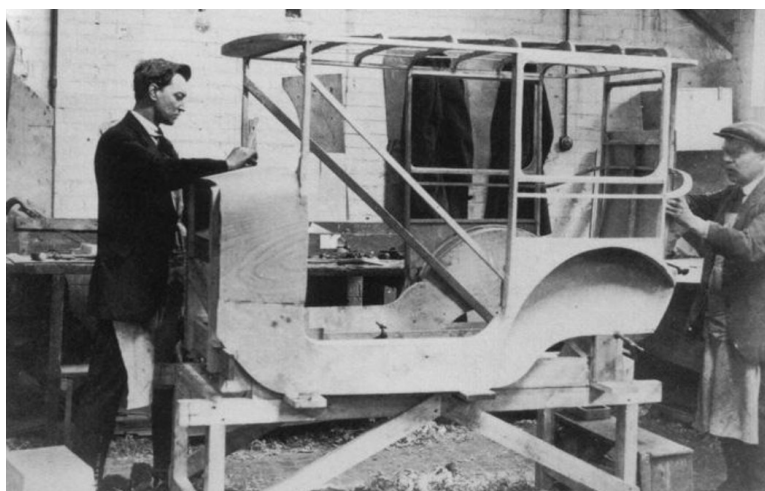
Слика 3.2 Аутомобил са дрвеним рамом шасије из 1907. године [3]

Сликом 3.3 илустрован је решеткасти челични рам шасије са почетка XX века. Делови овог рама спојени су технологијом „топлог закивања“. Састоји се од два бочна носача израђена од савијених лимова и попречног носача (C). У предњем делу возила носачи се смањују, да би омогућили простор за заокретање предњих точкова при управљању. У задњем делу су проширења у складу са размаком точкова. Овај облик са варирањем ширине рама добијен је савијањем бочних носача и постављањем у трапезни рам. Начин спајања делова рама је остао годинама непромењен и још увек је у употреби код модерног индустријског возила. Данас се, такође, за спајање користе закивци и завртњи, јер су димензије рама такве да би термичке деформације и унутрашњи напони изазвани топлотом заваривања били неприхватљиви.



Слика 3.3 Решеткасти челични рам шасије (почетак XX века) [3]

Код раних возила, каросерија је израђивана тако да је костур био од дрвета (видети **слику 3.4**). Кровни покривач је рађен од водонепропусне синтетичке тканине.



Слика 3.4 Дрвени костур каросерије [3]

Очигледно је да овако конципиране каросерије никако не би могле задовољити савремене прописе за пасивну безбедност. Међутим, сагласно техничким карактеристикама тадашњих возила, као и укупном броју возила у возном парку, јасно је да се значај пасивне безбедности није тако драматично исказивао као што је то данас.

Конструктивна решења данашњих каросерија са неинтегрисаним рамом шасије су значајно различита у односу на период од пре више деценија. Уобичајено је да се уз рам шасије возила додаје помоћни рам на кога се надграђује каросерија различитих намена (слика 3.5).

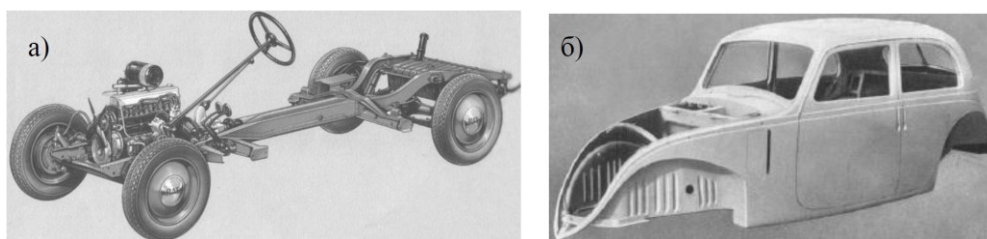


Слика 3.5 Различите надградње на истом раму шасије савременог теретног возила [4]

Каросерија са делимично интегрисаним рамом шасије

Каросерија са делимично интегрисаним рамом шасије настала је у следећој фази развоја каросерија. Ова концепција представља погодно решење за склапање, а такође омогућава да се на истом раму шасије могу мењати каросеријски костури и оплате, чиме је асортиман модела повећаван, па је и могућност испуњавања тржишних захтева била већа.

На слици 3.6 приказан је аутомобил Фијат 1100 из 1937.године који је имао „Х“ рам шасије (слика 3.6а). Костур каросерије је израђен од челичних лимова који су формирали носаче кутијастог пресека, а спајани су варењем (слика 3.6б). Такође, оплатни делови каросерије су израђивани од челичног лима. Веза између каросеријског дела и рама шасије остваривана је у зони пода.



Слика 3.6 Каросерија модела Фијат 1100 из 1937. године [3]

Како се са **слике 3.6** види, унутрашња страница („унутрашњи блатобран“) више није посебан део, као у ранијим моделима, већ заједно са костуром каросерије и рамом шасије представља интегралну целину. Овакав концепт са изведеним конструктивним решењима допринео је значајном повећању завојне и торзионе крутости каросерије. Тачније, способност каросерије да издржи кретање по неравном терену, као и стабилност при кретању значајно су повећани.

Данас је тешко разумети да су у то време постојале различите шасије за различите моделе. Такође, треба разумети инжењере у том периоду, који су били обесхрабровани да примењују нова компликованија решења. Разлог за то је да су све иновације захтевале велике инвестиционе трошкове. Осим тога, аутомобили су били запремински велики производи и захтевали су велике количине материјала, док су, са друге стране, серије у којима су се возила производила, биле релативно мале.

Каросерије са делимично интегрисаним рамом шасије и данас налазе примену, нарочито код теренских аутомобила. На **слици 3.7** приказане су две основне верзије шасије теренског возила *Land Rover* тип – *109 Long* (продужен) и тип – *88 Court* (кратак) спремне за надградњу, као и изглед различитих верзија овог возила израђених на наведеним шасијама [4].



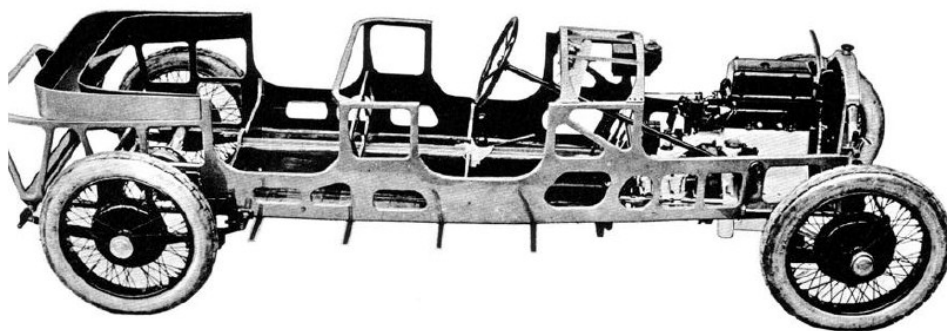
Слика 3.7 Каросерија са делимично интегрисаним рамом шасије возила *Land Rover* [4]

Самоносећа каросерија

Структурна интеграција каросерије и шасије омогућила је да се добију добре перформансе склопа каросерије, уз истовремено значајно редуковање њене тежине. Концепција самоносеће каросерије подразумева повезаност рамова шасије и костура крова преко костура бочних страница и преко преградних зидова и носача, тако да се добија једна чврста конструкција склопа.

Први аутомобил на коме је примењен концепт „самоносеће каросерије“ био је Ланџиа Ламбда (*Lancia Lambda*) из 1922. године (**слика 3.8**). Каросерија је израђена од бројних челичних профила и панела спојених или заваривањем или закивањем. Доњи

структурни делови каросерије израђени су од челика веће чврстоће у односу на челике примењене за бочне оплате, тако да је добијена конструкција значајно веће торзионе крутости у односу на претходна решења из тог времена. Са слике се види да су димензије врата биле смањене, као и да је целокупна структура остварена чврстом везом попречних и уздужних ојачања и носача.



Слика 3.8 Носећа структура каросерије Ланчиа Ламбда из 1922. године [3]

Даљи корак је направљен годинама касније, када је тачкасто заваривање, варови постало практично применљиво и када су развијени челични лимови за дубоко извлачење, као и сама та технологија дубоког извлачења, укључујући и одговарајуће алате за производњу овим поступком. На слици 3.9 се може приметити да су сви елементи каросерије на моделу Ланчиа Ламбда релативно равни и да су се могли производити из алата за обраду лима који су били једноставне конструкције.

Протоком времена, свест о значају безбедности аутомобила, па тиме и пасивне безбедности, постајала је све развијенија. Технолошким напретком, пре свега, као и увођењем самоносећих каросерија у возила, створене су претпоставке за производњу безбеднијих возила. На слици 3.9 приказан је Доџов модел из 1940.године који се у тадашњој штампи рекламира као возило са безбедном челичном каросеријом.



Слика 3.9 Безбедна челична каросерија Доџовог модела из 1940.године [5]

Савремене самоносеће каросерије настале су као резултат многобројних сложених истраживања. Пред инжењерима су различити, међусобно често супротстављени захтеви. Са једне стране, захтеви за безбедност траже да се обезбеди велика крутост костура око путничког простора како би се приликом судара заштитили људи у возилу. Исти прописи од конструктора захтевају да предњи и задњи део каросерије буду деформабилни, како би омогућили претварање кинетичке енергије у деформациони рад приликом судара. Колико год ови делови каросерије били прилагођени контролисаном деформисању, они морају имати довољну крутост да би сигурно могли носити механичке склопове, као што су мотор, мењач, расхладни систем и др. Коначно, самоносећа каросерија је изложена оптерећењу од тежине свих делова уграђених у возило, као и путника и пртљага.

Захтеви за безбедност су условили да се каросерија мора довољно ојачати како би били испуњени услови из стандарда. У ту сврху користе се лимови повећане чврстоће, али и дебљи челични полупроизводи у носећој структури каросерије. Захваљујући развоју технологија код савремених возила је могуће постићи компромис између овако супротстављених потреба.

У настојању да ублажи тренд раста масе возила, аутомобилска индустрија настоји да користи лакше материјале свуда где је то могуће. Истраживања, али и примена таквих материјала интензивирани су протоком времена. На пример, европска аутомобилска индустрија је током две деценије више него утростручила учешће алуминијума у изради делова возила. Процењује се да ће тренд повећања учешћа овог материјала бити настављен [6].

На **слици 3.10** приказана је носећа структура једне каросерије возила средње класе масе само 355 kg. Са слике се јасно види да су ојачања кутијастог пресека преузела функцију ранијег рама шасије [7].



Слика 3.10 Пример носеће структуре каросерије аутомобила *Audi Q5* [7]

3.1.2 Провера каросерија са аспекта безбедности

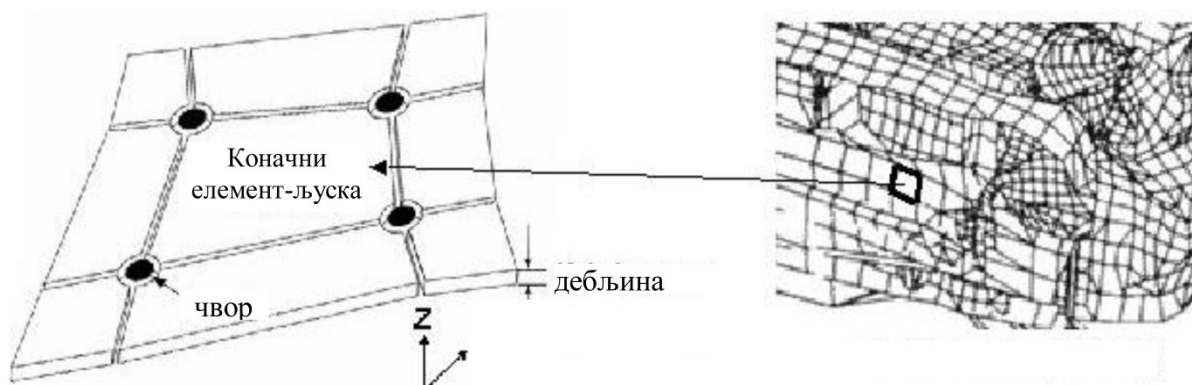
Прописи за безбедност возила прописују његово понашање, као и понашање његових агрегата при судару. Практично, још у фази пројектовања, врше се анализе понашања каросерије при судару коришћењем комплексних софтверских алата. У том временском периоду, када још нема возила које би се тестирало, структурним анализама се врши симулација удара у возило и проверава понашање делова, као и целе каросерије.

Провера каросерија софтверском симулацијом судара

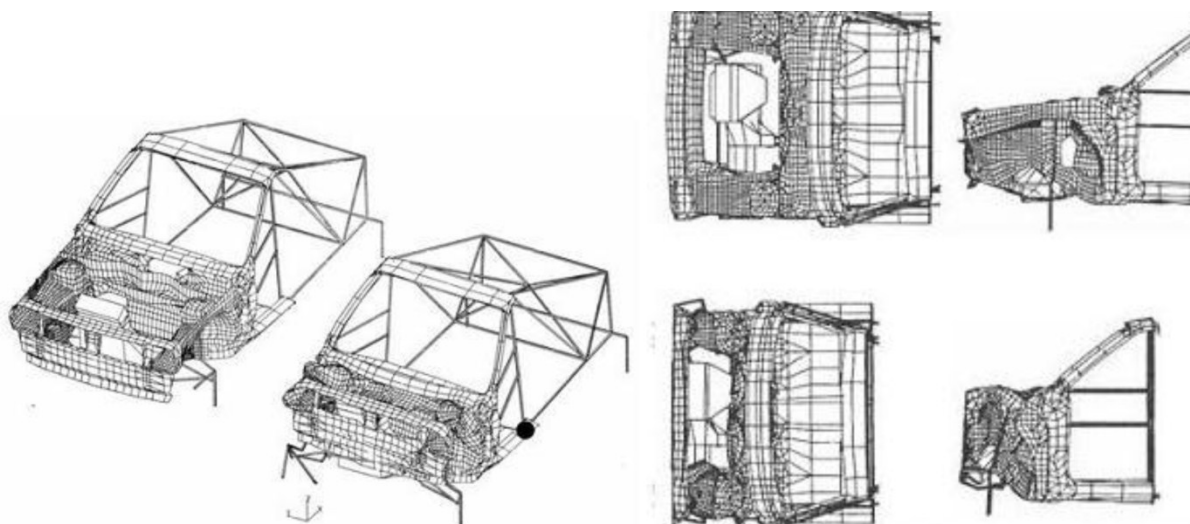
У типичној симулацији судара, структура аутомобилске каросерије се анализира коришћењем просторне дискретизације, што у ствари представља разбијање континуираног кретања тела у реалном времену на мање промене положаја, преко малих дискретних временских корака. Дискретизација обухвата површину поделе делова од лима у великом броју (у 2006. години тај број је износио око један милион). Ти делови, или „коначни елементи“ су четворострани или троугласти и сваки обухвата простор између „чворова“ у коме су углови фиксни (слика 3.11). Сваки елемент има масу, која се дистрибуира као концентрисана маса са моментом инерције. Сваки чвор има 6 кинематичких степени слободе, односно један чвор се може кретати у три правца трансляторно и може ротирати око три независне осе. Просторно се описују: координате (x), померање (u), брзина (v) и убрзање (a).

Уколико се чворови крећу током симулације судара, померају се повезани елементи, истежу се и савијају са својим чворовима, што их изазива да саопште силе и обртне моменте својим чворним везама. Силе и моменти на чворовима одговарају инерцијалним силама и моментима, изазваним њиховим трансляторним и угаоним убрзањима и силе и моменти преносе се структурним отпором материјала повезаних елемената тако да се они деформишу.

На слици 3.12 дата је илустрација прве успешне симулације удара у каросерију возила која је извршена 1986.године за модел Фолксваген Поло.



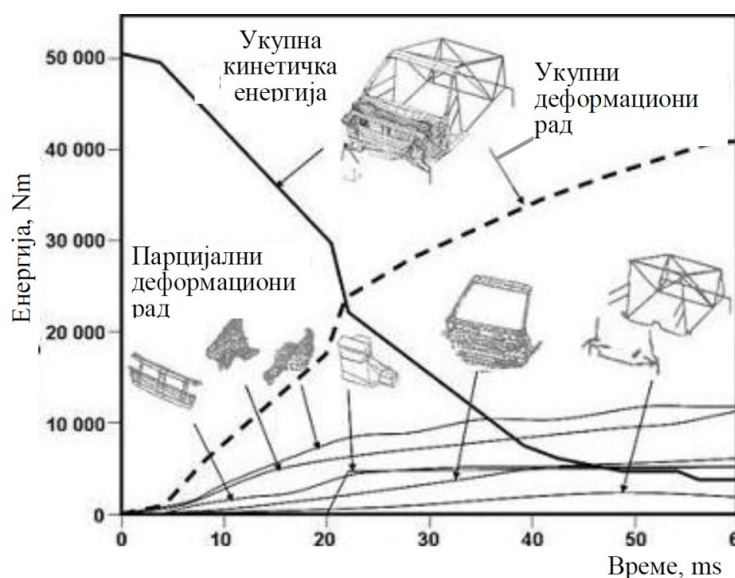
Слика 3.11 Дискретизација код структурне анализе [8]



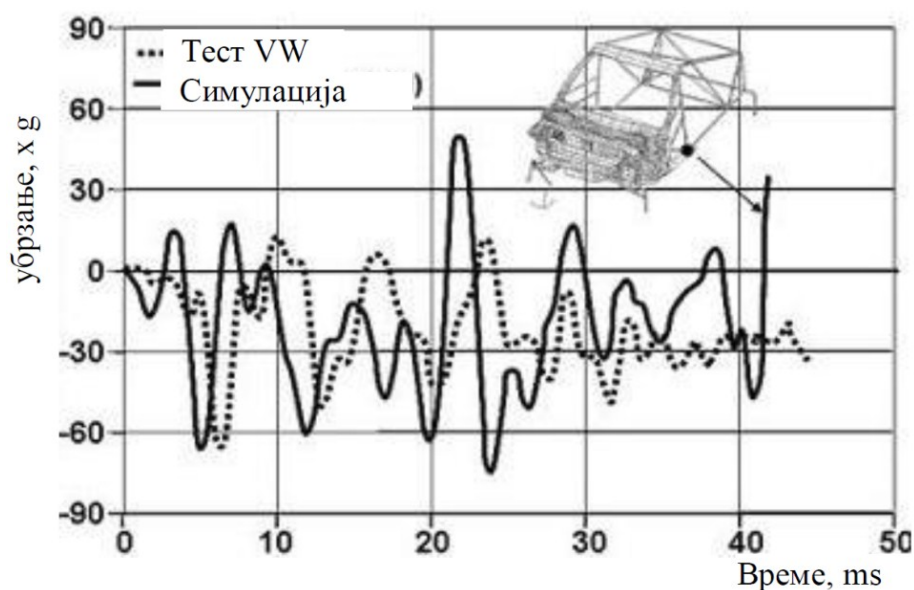
Слика 3.12 Симулација удара (Фолксваген Поло -1986. год.) [8]

Подаци који се добијају приликом структурне анализе омогућавају да се прати деформација каросерије и њених саставних делова. Такође, може се утврдити енергетски биланс током судара, односно „трошење“ кинетичке енергије аутомобила на деформациони рад и то како укупни, тако и парцијално, за поједине делове каросерије (**слика 3.13**). Структурна анализа омогућава да се утврде убрзања релевантних тачака у путничком простору, тј. да се предвиди понашање тела путника приликом судара [8].

На тај начин се оцењује да ли је извршено „апсорбовање“ кинетичке енергије у довољној мери да се остваре захтевани критеријуми пасивне безбедности. На **слици 3.14** види се да се резултати добијени практичном провером (тестирањем возила) извршеном од стране фирме Фолксваген (*Volkswagen - VW*) на моделу Поло, у сасвим задовољавајућој мери поклапају са резултатима добијеним структурном анализом, односно симулацијом удара.



Слика 3.13 Биланс енергије током судара [8]



Слика 3.14 Упоредни приказ резултата убрзања у путничком простору [8]

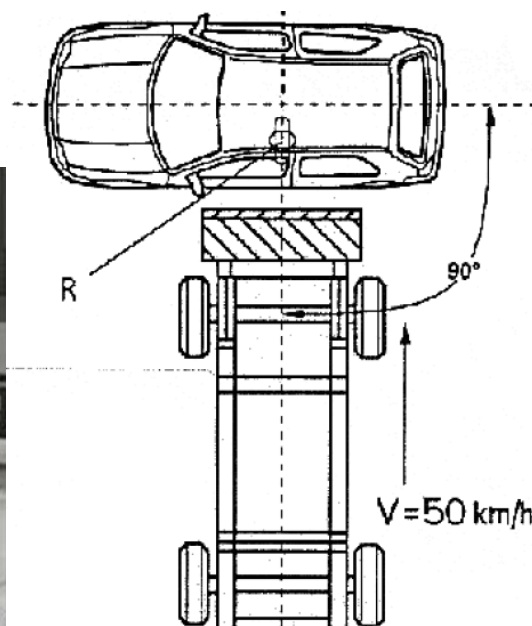
Провера каросерија испитивањем возила – креш тест

Конструкција каросерије се проверава тако што се тестира возило на чеони и бочни судар. Предњи судар (енг. *frontal impact*) изводи се према Директиви Европске Уније 96/79/ЕС тако што возило које се креће брзином од 56 km/h удара у деформабилну баријеру, преклапајући је са 40% своје чеоне површине (слика 3.15). После судара, унутрашњост возила може да буде деформисана у дозвољеним границама, а врата или морају бити отворена или затворена, али да се могу отворити без додатног алата [1].



Слика 3.15 Тест чеоног судара према директиви 96/79/ЕС [1]

Тест на бочни судар (енг. *side impact*) ради се према директиви 96/27/ЕС. Мобилна деформабилна баријера коју чине специјална колица и деформабилни блок, удара у бочну страну возила брзином од 50 km/h (слика 3.16) [1].



Слика 3.16 Тест на бочни судар према Директиви 96/27/ЕС [1]

Брзина кретања возила при удару утврђена је на основу статистичких анализа саобраћајних незгода. Како се ради о статистички утврђеној вредности, постоје мишљења да услове тестова треба поново мењати. Према истраживањима приказаним у [9], а на основу анализе 25% свих незгода са фаталним повредама при предњем удару, брзине возила биле су: 42 km/h према шведским подацима, 77 km/h по немачким, а 64 km/h по подацима из Велике Британије.

Америчка Национална администрација за безбедност друмског саобраћаја (*National Highway Traffic Safety Administration - NHTSA*) почела је 1979. године тестирањем аутомобила на судар и објављивањем резултата тестова, како би обавестила купце и подстакла произвођаче да побољшају безбедност својих возила. У почетку, ови креш тестови испитивали су усклађеност са стандардима FMVSS, а током наредних година програм је постепено проширен у обиму.

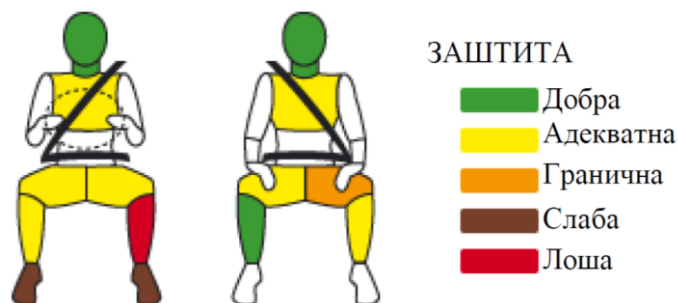
Европски програм за оцену нових возила, *Euro NCAP (European New Car Assessment Programme)*, основан је 1997. године са циљем да тестира нове аутомобиле у погледу безбедносних перформанси и да резултате публикује као информацију купцима. Према европским прописима, сваки нови модел аутомобила мора да прође одређене тестове безбедности и да задовољи прописане критеријуме пре него што отпочне њихова продаја. Задовољење свих прописа (хомологациони услови) је неопходно за типско одобрење. Циљ *Euro NCAP* је да подстакне произвођаче да премаше захтеве које поставља законска регулатива.

Чеони удар по програму *Euro NCAP* заснива се на Директиви 96/79/ЕС, али је брзина возила повећана за 8 km/h, односно са 56 на 64 km/h. Аутомобил/камион (**слика 3.17**) удара у непокретну деформабилну баријеру која садржи алуминијумско саће, чиме се симулира најчешћи тип незгода на путу, који доводи до озбиљних или фаталних повреда.



Слика 3.17 Тестирање камиона на чеони судар [1]

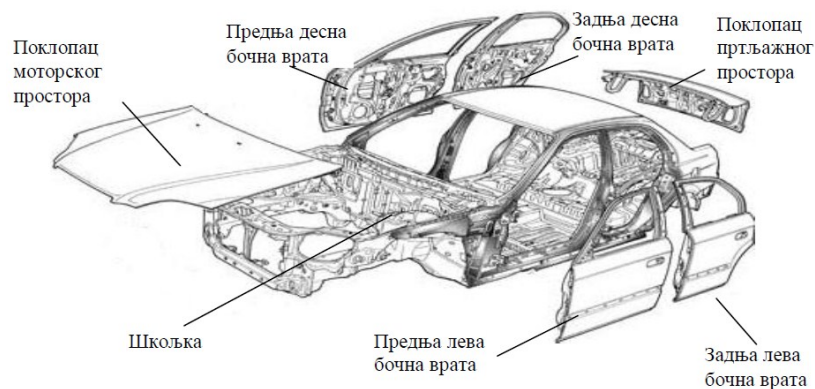
Овај тест симулира судар два возила сличне масе. Као и већина фронталних судара, подразумева само део испред аутомобила. Утицај судара на путнике у путничком простору мери се сензорима постављеним у различите делове лутки, које замењују путнике. На тај начин се дефинише ниво остварене заштите путника (**слика 3.18**).



Слика 3.18 Пример тестом утврђених нивоа заштите тела путника према *Euro NCAP*

3.1.3 Покретни делови каросерије

Каросерију аутомобила, према грубој подели, чине шкољка и покретни делови (склопови). Како је на **слици 3.19** приказано, покретни делови каросерије су: поклопац моторског простора („хауба“), поклопац пртљажног простора и врата (код возила са четворо врата: предња лева, задња лева, предња десна и задња десна). Осим наведене спецификације, путнички аутомобили, зависно од модела, могу имати и двоја бочна врата (моделу чији је облик каросерије купе, затим мањи модели, на пример компакт класе и сл.). Конструкција и чврстоћа наведених покретних делова (нарочито врата) изузетно је важна за пасивну безбедност [3].



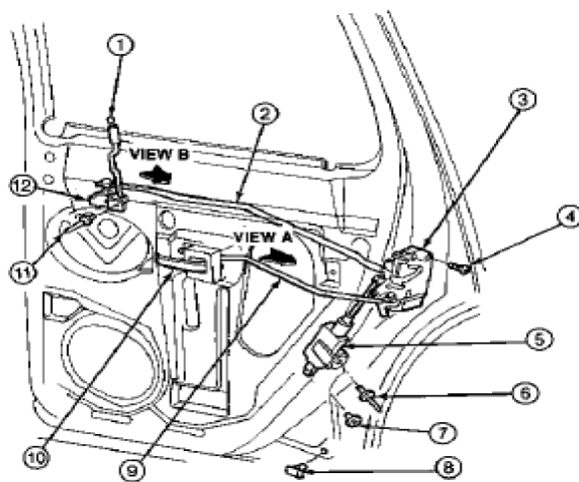
Слика 3.19 Покретни делови каросерије аутомобила [10]

Бочна врата аутомобила

За удобан и сигуран улаз и излаз возача и путника важни су, поред расположивог простора у каросерији, величина и облик отвора за врата и њихов положај у односу на седишта у каросерији. И у погледу димензија за отворе на каросерији, односно врата, постоје одређени нормативи.

Врата се пројектују као полузатворена кутија. Између спољашњег и унутрашњег лима кутије обезбеђује се простор за смештај браве и механизма за спуштање и подизање прозорског стакла на вратима (слика 3.20). С обзиром на то да су врата део средњег дела каросерије коју затварају са бочних страна, то се, и поред кутијастог облика, ојачавају посебним ребрима како би се повећала пасивна безбедност возила при бочном судару.

Пасивна безбедност возила, поред крутог средњег дела возила, са крутим средњим стубом и ребрима ојачаног крова, повећава се облагањем унутрашњости каросерије (укључујући и врата) одговарајућим пластичним, текстилним и кожним пресвлакама.



Слика 3.20 Предња бочна врата са бравом и механизмом за подизање стакла [11]

1 - дугме за забрављавање; 2 – сајла; 3 - брава; 4 - завртањ; 5 - електромотор централног закључавања; 6 - осовиница; 7 - завртањ; 8 - завртањ; 9 - сајла; 10 - ручица за отварање; 11 - осовиница; 12 - колено

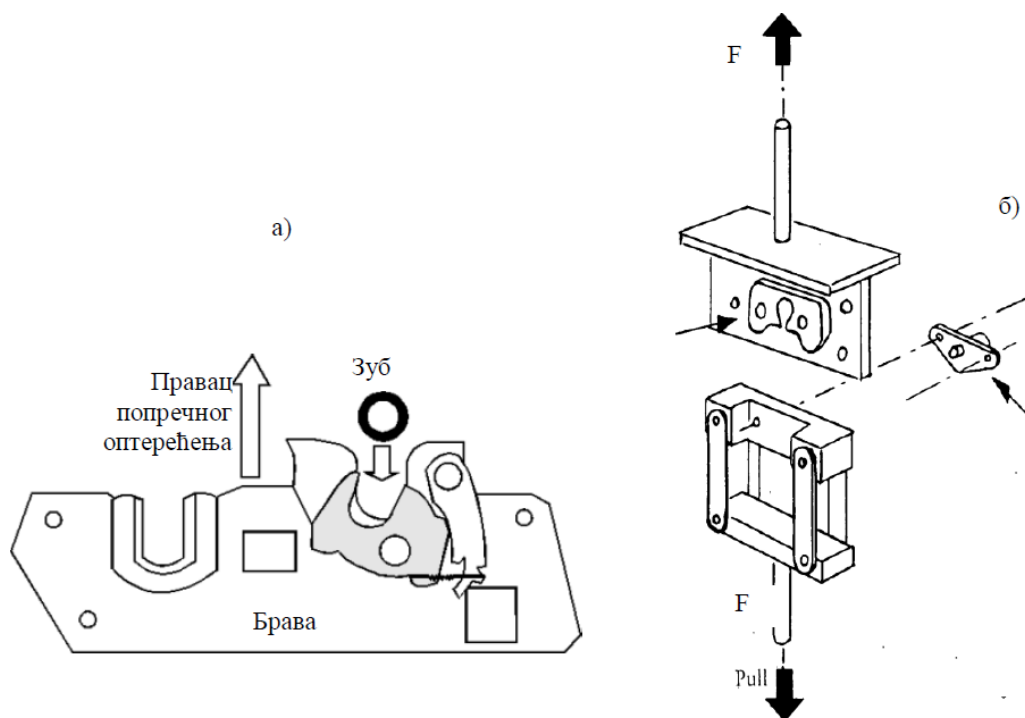
Браве и шарке

Покретни склопови се везују на каросерију помоћу шарки (шарнира), а затварају своје отворе коришћењем одговарајућих механизма – браве. Обе врсте механизма (браве и шарке), значајни су склопови за безбедност због чега треба да задовоље међународне прописе као што је Правилник UN/ECE R11 (примењује се у Србији) [12].

Наведени пропис дефинише начин провере и техничке услове које треба да задовоље браве и шарке да би могли да се уграђују на возила у серијској производњи. Овај пропис експлицитно захтева да конструктивне карактеристике возила морају да омогуће савршено безбедан улазак и излазак из њега.

Браве врата морају бити пројектоване на такав начин да се спречи случајно отварање врата. Зато, свака брава мора имати положај средњег забрављивања („други зуб“) и положај потпуног забрављивања. Као пример, наводи се критеријум према коме склоп браве и зуба мора да издржи уздужно оптерећење од 450 daN у средњем положају и оптерећење од 1100 daN у положају потпуног затварања.

Када је у питању издржљивост на попречно оптерећење, склоп браве мора да буде тако дизајниран да може поднети попречно оптерећење у средњем положају зуба од 450 daN и оптерећење од 900 daN у положају потпуног забрављивања. На **слици 3.21** приказана је скица браве и положаја зуба, као и правац попречног оптерећења. Практично, оваква ситуација настаје када се спољашњом силом делује на врата у зони браве и то нормално на раван уздужног пресека возила. На слици је са F означена сила са напред назначеним вредностима (зависно од положаја зуба), која представља симулирано попречно оптерећење.



Слика 3.21 Скица браве (а) и начин тестирања на попречно оптерећење (б) [12]

Описани, али и други неопходни тестови на бравама изводе се са тачно одређеном опремом за испитивање, што је утврђено наведеним правилником.

Правилником ECE R11 дефинисано је да шарке бочних врата морају бити постављене на предњој ивици врата у правцу кретања возила напред. Сваки систем шарки мора бити способан да издржи оптерећење врата и то уздужно од 1100 daN и попречно од 900 daN у оба смера. На **слици 3.22** приказан је положај шарки на каросерији (а) и један од тестова према ECE R11.



а) склопови шарки монтирани на каросерију б) принцип једног испитивања шарки

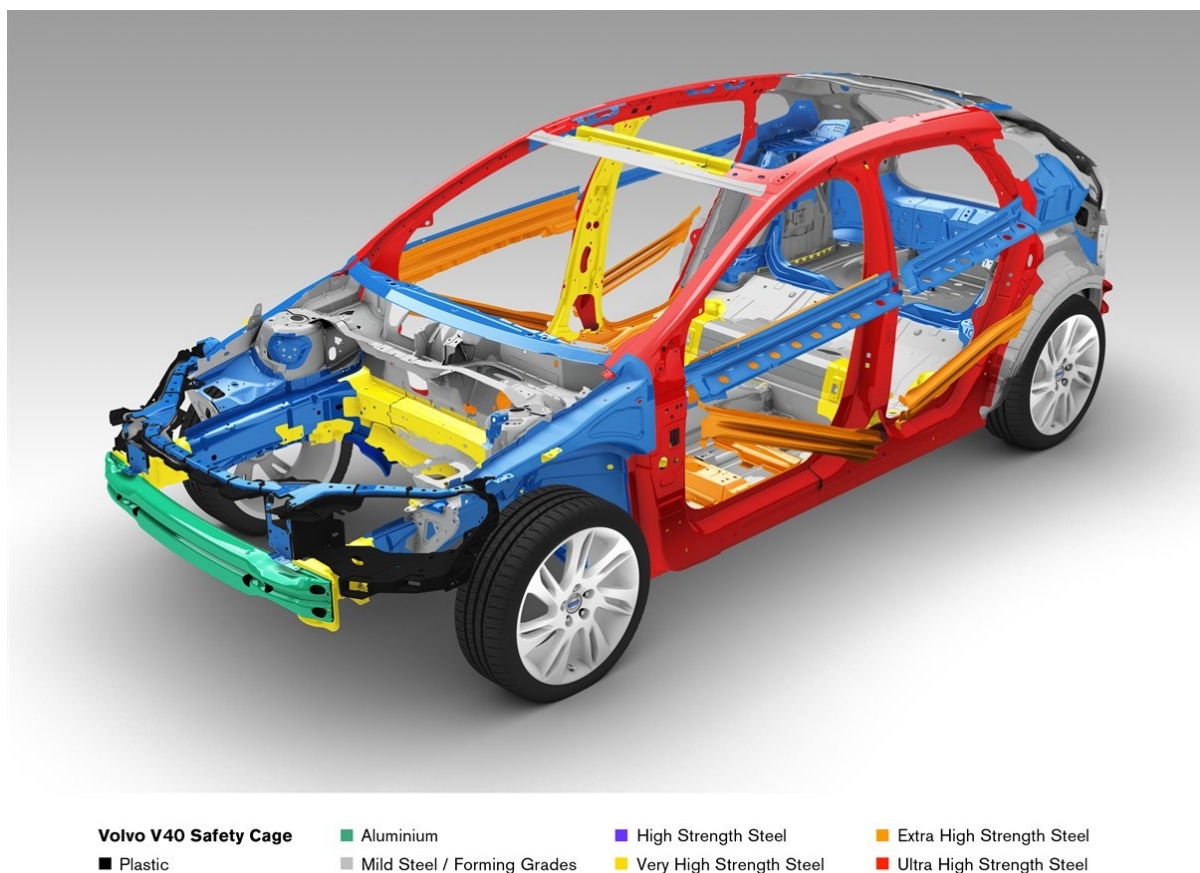
Слика 3.22 Шарке на возилу и један од начина испитивања[12]

3.1.4 Конструкција савремених каросерија

Модерне каросерије, својим конструктивним решењима требају преусмерити силе удара у делове који су деформабилни како би потрошили знатан део те енергије на деформациони рад. Потребно је обезбедити и преусмеравање остале енергије удара ван кабине. Систем ослањања возила и везе мотора и мењача са каросеријом треба да обезбеде да се ови делови при деформисању подвлаче под путнички простор како би овај остао неугрожен. Деформациона зона пре ступања мотора и мењача у зону гужвања треба да је што већа.

На **слици 3.23** дат је концепт савремене каросерије возила *Volvo V40* где су разним бојама означени различити материјали који се користе за производњу каросерије. На пример, зеленом бојом је означен алуминијум, плавом - челик високе

чврстоће, наранџастом – челик екстра високе чврстоће, црвеном – челик ултра високе чврстоће, црном – пластика, сивом – челик умерене чврстоће [1,13].



Слика 3.23 Каросерија возила *Volvo V40* [13]

Овакав тип каросерије се изводи са предњим чеоним делом од профилисаног лима који формира попречни носач код овог модела (доња предња маска од алуминијума). Положај овог профила и уградња браника одговарајућег облика и структуре прилагођени су максималној заштити пешака. Са друге стране, попречни пресек и крутост профилисаног лима обезбеђују способност овог централног дела каросерије да се деформише у значајној мери (на **слици 3.23** – зелене боје).

При чеоним сударима, ова конфигурација прима велику ударну силу коју преводи у деформациони рад. Ова сила деформише структуре и преводи део кинетичке енергије у деформациони рад тих структура.

Попречни носач браника или доња предња маска уклопљен је у подужне носаче који се протежу дуж унутрашњих блатобрана ка преградном зиду (на **слици 3.23** – плаве боје). Њихов облик је такав да такође примају значајну силу при деформацији. За њих се бочно везују носачи система предњег ослањања. Код возила са предњим системом ослањања типа Макферсон, шоље у које се ослањају амортизери са опругом, ојачаном вертикалним кутијастим профилем везане су за унутрашњи блатобран моторског простора и подужни носач (код Фијатових возила овај носач се назива Калифорнијски носач). Унутрашњи блатобран и носач се утапају у преградни зид.

У склопу преградног зида, постављено је кутијасто попречно ојачање које спава леву и десну страну (на **слици 3.23** – жуте боје). Овај носач прима вертикално оптерећење од предњег система ослањања, преноси га ка подужним носачима и наставља до места везе задњег система ослањања и задњег браника.

Код појединих модела, мотор, мењач и одређени агрегати уграђују се на платформу названу „подшасија“. За ову платформу везане су и компоненте система ослањања, па као подсклоп иду на уградњу на каросерију. Са аспекта пасивне безбедности, овај подсклоп је пројектован тако да се при чеоном судару подвлачи испод кабине и простора за путнике. Посебно добро се показао код најмањег мерцедеса А класе.

Преградни зид је такође ојачан попречним профилем или профилима. Ојачање је неопходно како би се обезбедила задовољавајућа торзиона крутост каросерије. У централном делу најчешће се изводи тунел који се кроз кабину протеже до задњег преградног зида. Оваквим решењима се значајно повећава савојна крутост каросерије и стварају предиспозиције за уградњу интегралног погона. Испред задњег преградног зида, а испод другог реда седишта, оставља се простор за смештај резервоара за гориво.

Како су везе амортизера релативно високо у односу на подужни носач у оквиру преградног зида, посебним ојачањем повезују се лева и десна страна (на **слици 3.23** – сиве боје).

Потребе подизања крутости и ојачања кабине, простора за смештај путника, значајно су увећале димензије стуба А. Стуб А је основа преградног зида и крова возила са стране ветробранског стакла. Дуж каросерије у доњем делу протежу се доњи стубови а у горњем носачи крова. Ови носачи су значајније већих димензија код возила новије генерације, конструисаних деведесетих у односу на десет година старије моделе. Оваквим димензијама обезбеђује се крућа каросерија, боље затварање врата и њихова могућност подизања бочне безбедности.

Подужни носачи, како и доњи стубови и носачи крова, вертикално се спајају са стубом В-стуб иза предњих врата. На задњем крају возила конфигурација се затвара С - стубовима.

3.2 Елементи за ограничавање кретања тела при судару

Током трајања судара, под дејством сила инерције, тела путника у возилу мењају положај према елементима возила у путничком простору, а у односу на тренутак када процес судара започиње. Анализом динамике тела у таквим ситуацијама, очигледно је да често долази до удара делова тела у возило, односно у елементе унутрашњости у његовом окружењу. Зависно од дела тела и силе удара, повреде могу имати различите последице, од незнатних огреботина до фаталних.

Бројне повреде у сударима натерале су законодавце, али и произвођаче аутомобила, да интензивно унапређују заштиту путника при судару. Технолошки

напредак донео је могућности да се развију системи и уређаји који омогућавају потпуно и слободно функционисање возача и путника током вожње, а ограничавају кретање њихових тела током судара.

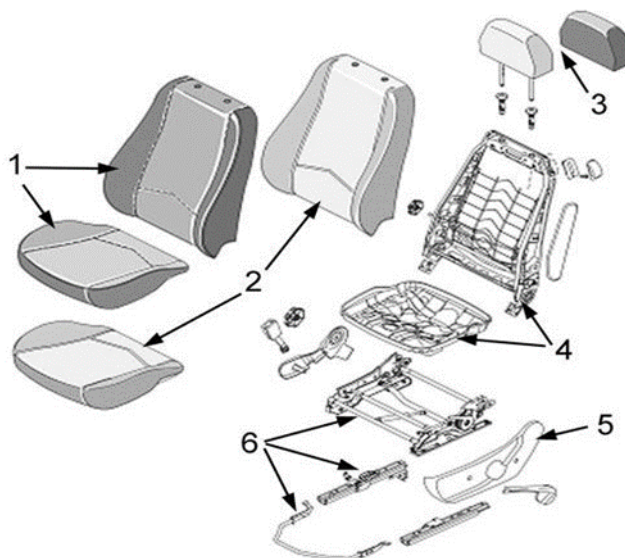
У овом раду анализирано је функционисање неколико уређаја ове врсте:

- седишта и наслона за главу,
- сигурносних појасева и
- ваздушних јастука.

3.2.1 Седишта и наслони за главу

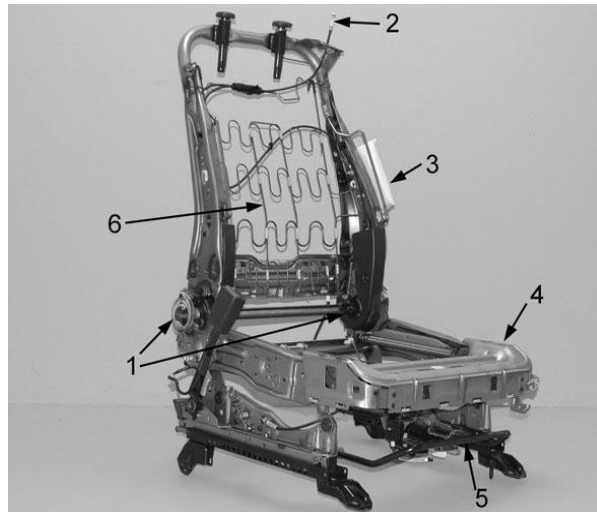
Саставни елементи и конструкција седишта

У зависности од типа и намене возила, предња седишта се прилагођавају свим могућностима и различитим захтевима. Седишта возача се разликују од сувозачевих, задњих и дечјих седишта у смислу његових функција. Путник мора бити у стању да лако улази и излази из возила чак и када су у питању инвалиди, где се захтева ротација седишта. Некада су предња седишта примала по три путника, а сада су таква седишта практично нестала са тржишта. Модерна седишта представљају јединствену структуру која се састоји од низа компоненти. На **слици 3.24** су приказани саставни елементи седишта [14,15].



Слика 3.24 Основни елементи модерних седишта: 1 - пресвлака, 2 - пена, 3 - наслон за главу, 4 - структура, 5 - механизам за прилагођавање, 6 - структура која представља везу између пода и механизма

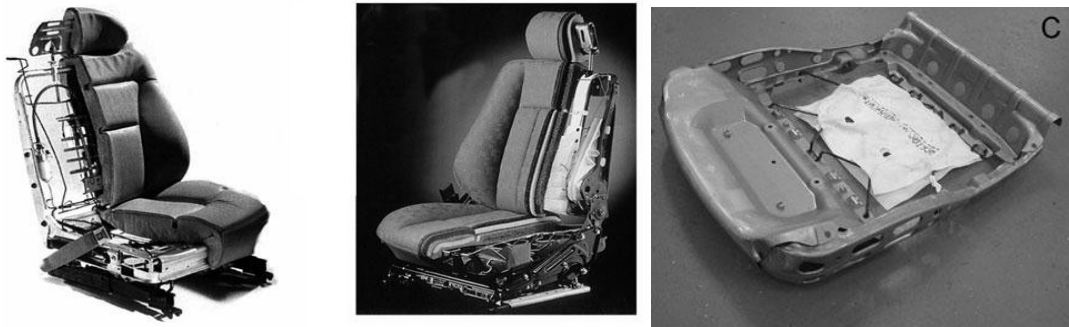
Веома битну улогу код седишта има механизам за подешавање који омогућава прилагођавање у односу на све путнике, комфор, посебно када је возило са троја или петора врата. Возила са троја врата имају механизам за обарање седишта како би обезбедила излазак путника са задњих седишта, што је приказано на **слици 3.25**.



Слика 3.25 Структура предњег седишта код возила са троје врата

Улога испуне и еластичног ослањања је да, са једне стране, изолију тело човека од вибрација, а са друге стране, да равномерно распореде притисак. До 1950. године, за изолацију вибрација користиле су се опруге.

Дебљина испуне мора бити довољна како би распоредила притисак. Ако би се смањила дебљина испуне, пригушење би такође опало. То се спречава прављењем „паукове мреже“ која се састоји од челичних шипки (слика 3.26) на које належе поменута испуна. Недостатак ових испуна је непропуштање ваздуха. Како би се ово решило, неки произвођачи стављају биљна или кокосова влакна између пене и поклопца. Тиме се добија добар компромис по питању удобности (мекоће). На слици 3.26 приказан је пресек седишта са пеном и биљним влакнима прекривеним гумом.



Слика 3.26 Конструкција седишта са испуном од пене и биљних влакана

Генерално, задња седишта добијају се монтажом истих врста компоненти као и предња, али са различитим геометријама. Структура обухвата једноставан рам од метала који је фиксиран помоћу навртки и завртња. Наслон задњег седишта мора бити крут како би носио оптерећење изазвано тежином које се поставља на њега. Задња седишта морају бити ојачана због инерцијалних оптерећења у случају судара.

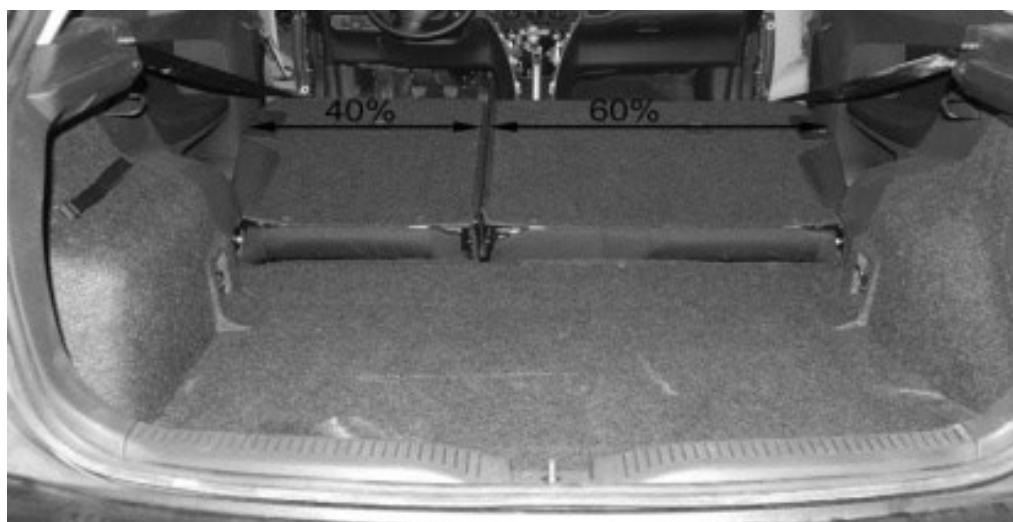
Типична конструкција задњих седишта код савремених возила је приказана на слици 3.27. Због различитог оптерећења у случају судара, задња клупа је асиметрично дељива. Седишта су изложена савојним и торзионим деформацијама. Како би се спречиле ове деформације и самим тим ублажиле последице до којих може доћи,

структуре се праве од челика велике јачине и понекад су ојачане лименим гредама или завареним лимовима.



Слика 3.27 Приказ изгледа конструкције задњих седишта

Наслони за главу на задњим седиштима су интегрисани са наслоном за леђа, али зато ограничавају видљивост возача позади. Наслон за леђа је повезан са подом и представља једну целину са њим. При пројектовању задњих седишта треба обратити пажњу на пртљажник, јер корисницима аутомобила некада није довољан тај простор, па се он увећава обарањем задњих седишта ка предњим, као што је приказано на **слици 3.28**.



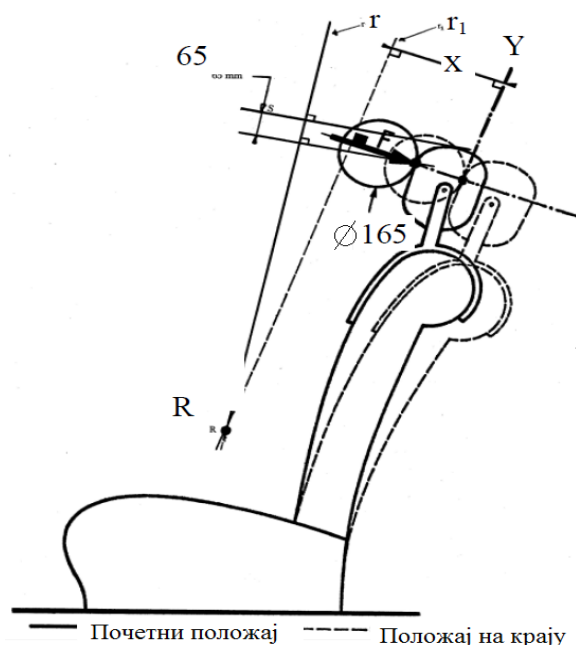
Слика 3.28 Приказ изгледа оборених задњих седишта и наслона за главу

Седишта морају бити конструисана и произведена тако да обезбеђују удобност возача и путника и да спрече њихово кретање по висини и по ширини током вожње. Такође, седишта морају бити у стању да издрже повећана оптерећења која се јављају услед сила инерције приликом судара аутомобила. Због важности овог склопа за безбедност аутомобила, чврстоћа седишта и њихових прикључака дефинисана је правилником ECE R17.

Тестирање седишта и наслона за главу

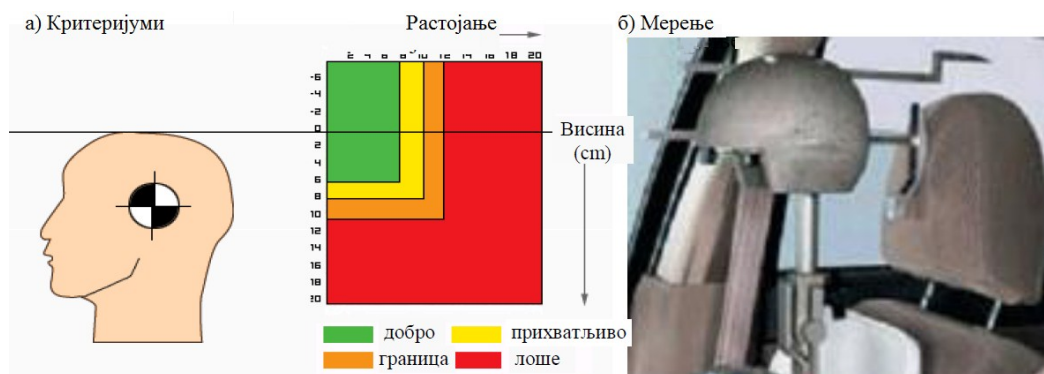
На **слици 3.29** приказан је тест седишта са наслоним за главу по постојећим прописаним процедурама. Тачка R представља референтну тачку седишта утврђену од стране произвођача возила приликом конструисања, тако да задовољава прописе за видно поље и друге захтеве. Наслон за главу треба да буде удаљен од тачке R најмање 700 mm. Уколико је наслон подесив по висини, онда мора његова висина бити најмање 180 mm. Ширина наслона за главу мора да износи најмање 85 mm са сваке стране осе симетрије. Куглом пречника 165 mm симулира се глава човека и дејствује на наслон за главу силом која изазива иницијални момент од 37,3 daNm око тачке R. Кугла додирује наслон за главу на растојању од 65 mm, мерено од врха наслона.

Померање наслона, означено на **слици 3.29** са x , може износити највише 102 mm [16]. Осим приказаног теста, правилником су дефинисани и други критеријуми који морају бити проверени код сваког седишта да би возило било „типски одобрено“, односно да би се могло продавати на тржишту. Поред међународних прописа, постоје и интерни стандарди произвођача којима се дефинишу различита својства седишта (на пример, тврдоћа испуна израђених од полиуретанске пене, затим „бочно држање“ тела на седишту и др.).



Слика 3.29 Приказ теста наслона седишта са наслоним за главу [3]

Наслон за главу је уређај који се уграђује на наслон седишта и његова улога је да ограничи кретање уназад главе путника у односу на његово тело. Патент за овај уређај први пут је одобрен Бенџамину Кацу (*Benjamin Katz*) из Окленда, САД, 1921. године. Додатни патенти за наслоне за главу издати су 1930. године, 1950. године и касније. Наслон за главу је први пут уграђен на возило крајем 1960-их година. Од 1. јануара 1969. године, у САД-у је уведен наслон за главу као обавезна опрема стандардом FMVSS 202. Овим стандардом прописане су димензије и подешавање наслона за главу (**слика 3.30**).



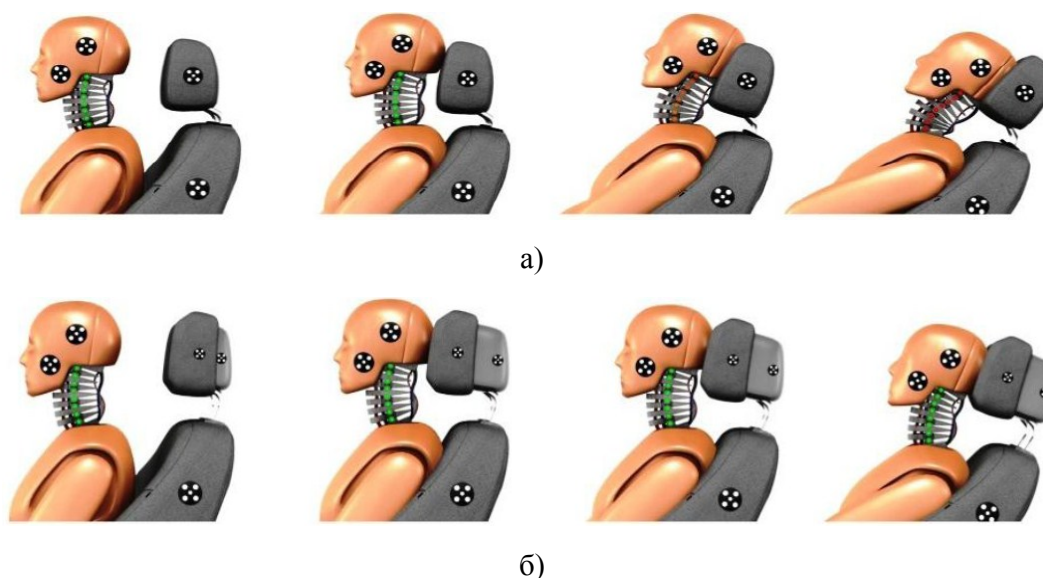
Слика 3.30 Провера положаја наслона за главу [17]

Активни наслон за главу

Приликом удара у задњи део возила, наслон седишта се ослања о леђа путника, преносећи тако убрзање на тај део тела. Истовремено, услед инерције, глава тежи да остане у положају у коме је била пре удара. Као последица релативног кретања леђа у односу на главу, вратни мишићи се истежу, што може довести до озбиљних повреда меких ткива врата, али и до повреда вратног дела кичменог стуба.

Још један фактор има значајан утицај на озбиљност повреда код ове врсте удара је удаљеност (растојање) између задњег дела главе и предње површине наслона. Ова димензија, такође, утиче на понашање главе у тренутку удара.

На **слици 3.31** дат је упоредни приказ понашања горњег дела тела приликом задњег удара и то у ситуацији када је возило опремљено конвенционалним наслоном за главу (а) и у случају да је уграђен активни наслон за главу (б). Како се види, у случају када се у тренутку удара обезбеди адекватно ослањање главе, смањује се могућност повреде. Процене урађене од стране јапанског произвођача аутомобила – Тојоте (*Toyota*) показују да се уградњом активних наслона за главу озбиљне повреде могу смањити за 10 – 20%.



Слика 3.31 Понашање тела човека у случају задњег удара

Активни наслон за главу функционише тако што одговарајући сензор смештен у наслону седишта региструје ударно оптерећење. Сензор шаље сигнал у електронску контролну јединицу која обезбеђује деловање извршних органа на механизам наслона. Механизам активног наслона за главу обезбеђује његово вертикално подизање (дијагонално на горе) за око 30 mm, уз истовремено померање напред за око 25 mm. Сва ова померања се изврше скоро тренутно, чиме се обезбеђује ослањање главе на наслон и избегавање тешких повреда.

На **слици 3.32** приказан је изглед костура седишта са уграђеним системом за активни наслон за главу (лево) и изглед седишта на коме је уклоњен део испуне како би се видео систем (десно). У тренутку удара у задњи део аутомобила, активираће се сензор у доњој јединици. Наиме, природан положај тела путника је такав да постоји непрекидни додир између тела и наслона седишта у зони где је смештена доња јединица. Сигнал се преко електричног кабла преноси до извршног механизма, тако да практично тренутно долази до померања положаја наслона за главу и његовог прислањања на главу путника.



Слика 3.32 Уграђени систем активног наслона за главу

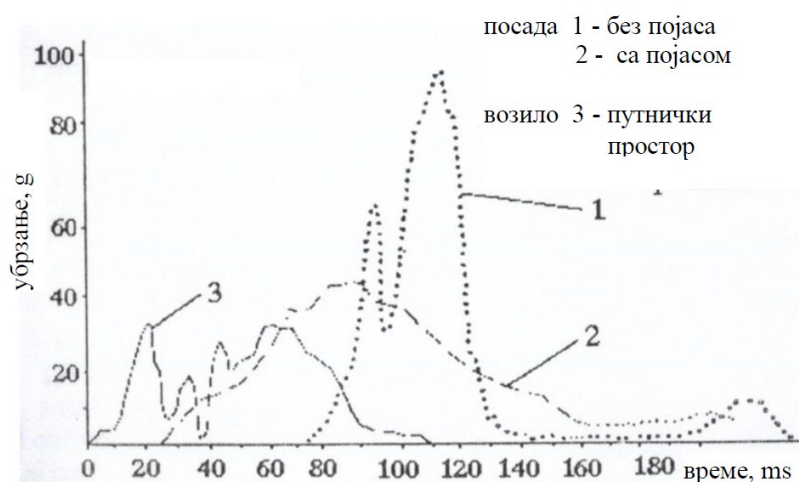
3.2.2 Сигурносни појасеви

Један од система за задржавање путника су сигурносни појасеви са којима је значајно повећана могућност спречавања задобијања тешких телесних повреда. Појасевима се инерцијалне силе преносе на каросерију возила и тиме они задржавају путнике на седишту. У свим земљама света су на снази прописи којима се произвођач возила обавезује на уградњу појасева (обавезно на предња, а веома често и на задња седишта), а путници на њихово коришћење. Хомологација сигурносних појасева је обавезна према Правилнику ECE R14, односно према Директиви Европске Уније 661/2009/EEC.

Сигурносни појасеви штите возача и путнике тако што тело задржавају на седишту, обухватајући га једним делом појаса преко груди, а другим делом појаса преко карлице (тзв. сигурносни појасеви у 3 тачке). На овај начин се у великој мери

амортизује сила која настаје услед инерције. Појасеви су направљени од материјала који има високу отпорност на кидање, али поседује извесну еластичност. Еластичност је потребна, јер би услед њеног одсуства у случају чеоног удара, деловање појаса на тело било скоро једнако погубно као удар тела у чврсту препреку. Аутомобилски сигурносни појасеви се повезују са каросеријом преко прикључака сигурносних појасева.

У свим подручјима брзина, повреде су мање уз коришћење појасева, што јасно илуструје **слика 3.33**. На овој слици приказано је убрзање на глави путника у случају када није коришћен појас (крива 1) и када је појас коришћен (крива 2), као и убрзање у путничком простору (крива 3) [18].



Слика 3.33 Учинак појаса у смањењу повреда главе при чеоном удару возила у баријеру [18]

Први сигурносни појас у аутомобилу купцима је понудио амерички произвођач аутомобила, Неш (*Nash*). Форд (*Ford*) је 1955.године, такође лансирао модел са сигурносним појасом као опционом опремом, док је шведска компанија Саб (*Saab*) прва увела сигурносне појасеве као стандардну опрему 1958. године. Први појас са везом у три тачке уградио је Волво (*Volvo*) који је у свом „V“ облику опстао током наредних 50 година и сачувао више милиона живота (**слика3.34**).



а)



б)

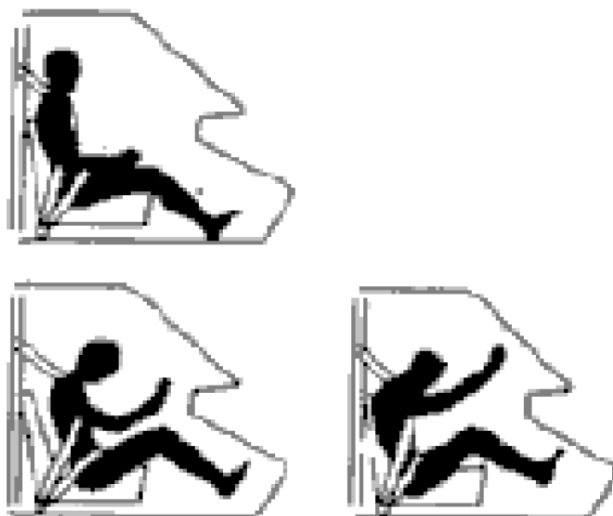
а) појас са везом у две тачке

б) појас са везом у три тачке

Слика 3.34 Први сигурносни појасеви са везом у две и три тачке

Опремање возила овим сигурносним појасевима допринело је смањењу броја погинулих у саобраћајним незгодама за 45% и смањењу броја тешко повређених за 50% [19]. Године 1959. Волво је појас са везом у три тачке, за путнике на предњим седиштима, увео као стандардну опрему у возилу.

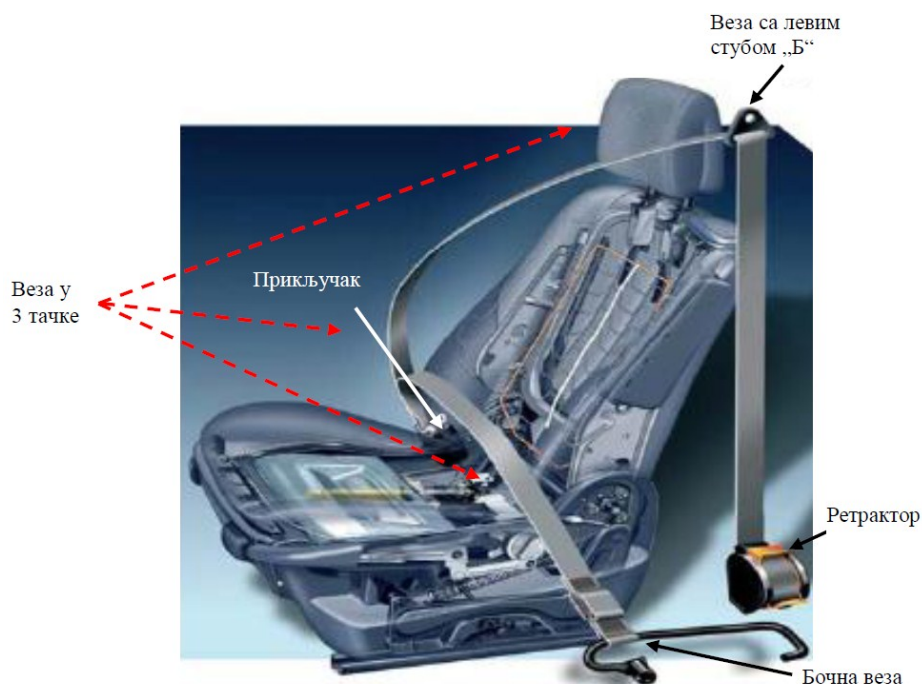
Данас су на аутомобилима у примени доминантно сигурносни појасеви са везом у три тачке. Приликом чеоног судара, тело путника везаног сигурносним појасом у три тачке понаша се како је приказано на **слици 3.35**. Тело ће се услед инерције покренути унапред, онолико колико му појас дозвољава, а затим ће се вратити према наслону седишта (услед ударног импулса) и главом ударити у наслон за главу, чија улога са аспекта безбедности, тада долази до пуног изражаја.



Слика 3.35 Појас са везом у три тачке - понашање тела при судару

На приказаним старим фотографијама на **слици 3.34** нема наслона за главу, који су као обавеза уведени касније. Наиме, показало се следеће: уколико је на возилу уграђен сигурносни појас, а није уграђен наслон за главу, тада је ризик од повређивања већи чак него када појаса уопште нема. Ова, наизглед парадоксална ситуација лако се може објаснити чињеницом да се у тренутку удара, појасом зауставља кретање тела услед чега глава наставља даље померање, а затим се глава великом брзином враћа уназад, што може имати фаталне последице уколико на седишту није уграђен наслон за главу.

Обавезни саставни део система сигурносног појаса јесте ретрактор (**слика 3.36**), који се углавном уграђује на каросерију аутомобила. Ретрактор је уређај који је конструисан са одговарајућим механизмом тако да реагује на трзај траке појаса, блокирајући при томе њено даље одмотавање. На тај начин се зауставља кретање тела човека унапред услед инерције. Ретрактор своју зауставну функцију обавља само у случају импулсне реакције која се јавља у случајевима судара возила или приликом брзог, интензивног кочења возила. На **слици 3.37** приказан је ретрактор са предзатезачем, који је смештен у доњем делу стуба В, у унутрашњости возила.



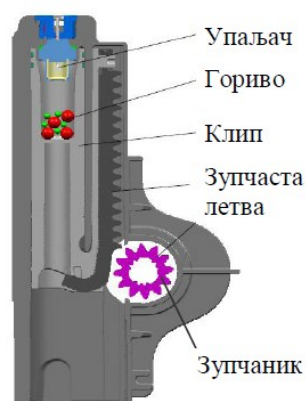
Слика 3.36 Главне компоненте сигурносног појаса [1]



а) Ретрактор са предзатезачем



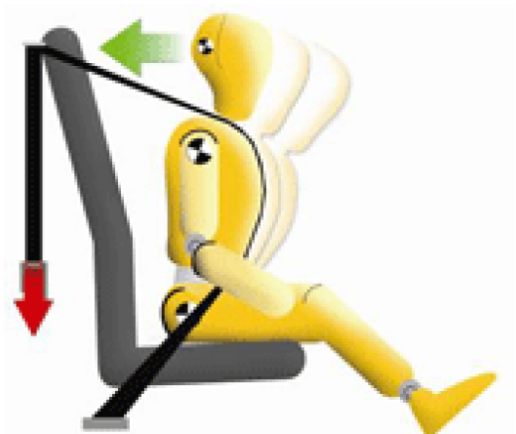
б) Ретрактор са предзатезачем



в) Принцип рада (3D модел) пиротехничког предзатез.

Слика 3.37 Ретрактор са предзатезачем [1]

На слици 3.37в дат је цртеж који приказује принцип рада пиротехничког предзатезача. Предзатезач је први увео Мерцедес на свом моделу возила, 1981.године. Улога предзатезача је да приликом активирања изврши „намотавање“ траке појаса и тако смањи простор између траке и тела, чиме ће и померање тела бити редуковано, како је на слици 3.38 приказано. Како је претходно објашњено, трака појаса лагано је прислоњена уз тело како би му омогућила функционисање током вожње. Због тога је у тренутку судара неопходно тренутно затегнути траку и омогућити појасу да изврши своју функцију.



а) случај без предзатезача



а) случај са предзатезачем

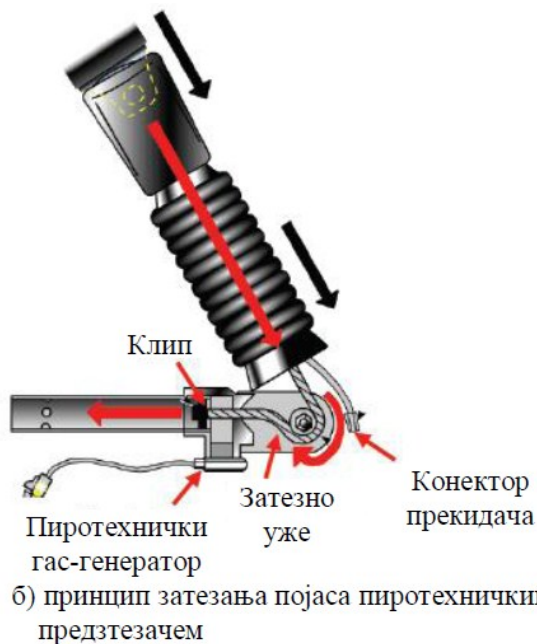
Слика 3.38 Понашање тела зависно од активирања предзатезача [1]

У зависности од начина рада, постоје механички, електрични и пиротехнички предзатезачи. Механички принцип је мање поуздан због механичких утицаја рада, тако да га и мали трзаји могу активирати. Најсофистициранији је пиротехнички затезач и има најбржу реакцију. Међутим, након активирања, пиротехнички предзатезач се мора уклонити, јер га није могуће вратити у претходно стање.

Уређај за затезање појаса може бити постављен у простору на дну предњих седишта, у зони изнад вођица, како је приказано на **слици 3.39 а)**. Хоризонтални цилиндар испуњава гас приликом активирања, померајући тако клип и вршећи затезање појаса. Када је активиран предзатезач, он вуче копчу појаса на доле или намотава траку на калем у циљу отклањања простора између траке и тела. На **слици 3.39 б)** показано је како пиротехнички предзатезач повлачи појас.



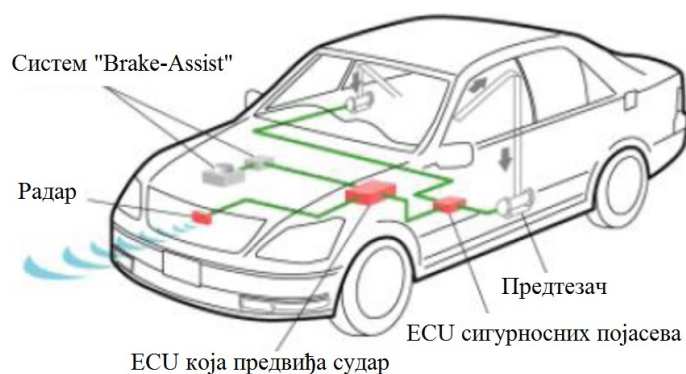
а) положај пиротехничког предзатезача



б) принцип затезања појаса пиротехничким предзатезачем

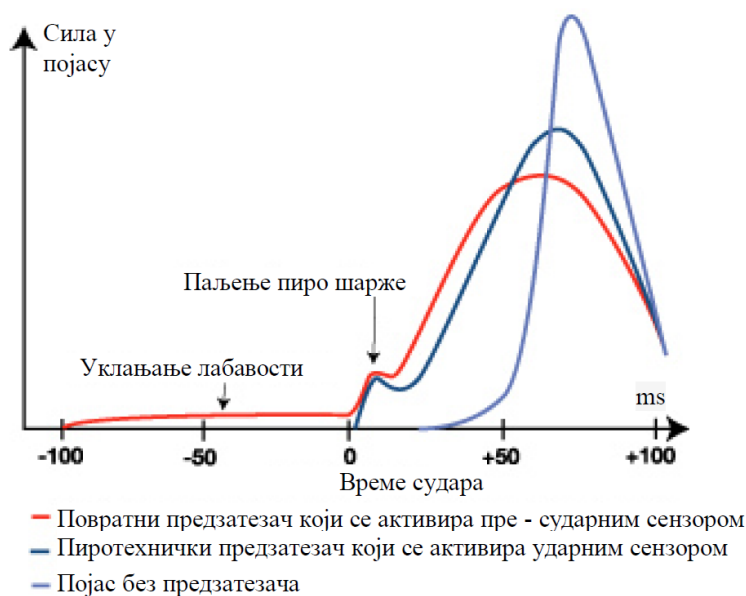
Слика 3.39 Постављање предзатезача [1]

Јапанска компанија Денсо (*Denso*) развила је сензорски систем који реагује пре судара. Систем користи радар да би повећао пасивну безбедност, односно да би смањιο повреде и оштећења у случају судара (слика 3.40). Систем је ефикасан при брзинама кретања до 200 km/h. Јединица покрива угао од 20°, што повећава могућност за откривање препреке. Радар одређује положај објекта, удаљеност и брзину и ове информације шаље рачунару. Такође, узима у обзир и релативну брзину, као и растојање и друге факторе да би могао утврдити да ли се судар може избећи. Ако је немогуће избећи судар, сензор обавештава контролну јединицу сигурносних појасева, која активира затезање појаса, како би се повећало задржавање путника на седиштима у тренутку незгоде.



Слика 3.40 Предзатезач појаса у систему безбедности пре судара

На слици 3.41 упоредно је приказана промена силе у траци појаса зависно од времена, током саобраћајне незгоде. Очигледна је предност сигурносног појаса са повратним предзатезачем. Наиме, преко радарског сигнала и ECU сигурносног појаса, елиминисање лабавости траке почиње већ око 100 ms пре тренутка судара. Максимална сила у појасу постиже се већ после 60 ms од тренутка судара и најмања је у поређењу са другим врстама појасева, што значи да је у том случају у моменту судара тело било најближе наслону седишту.



Слика 3.41 Упоредни приказ понашања различитих врста појасева [1]

У случају када појас уопште нема предзатезач, сила у траци расте тек када на појас почне да делује сила тела, које се под инерцијом креће напред. Максимална вредност силе постиже се после 80 ms. На пример, уколико се у тренутку удара у непокретну баријеру возило кретало брзином од 40 km/h, односно 11,11 m/s, онда би после 80 ms глава путника била удаљене око 0,9 m од наслона, што је изузетно велики размак и у повратном трзају би могло доћи до фаталних повреда. Овај пример је изведен помоћу крајње поједностављеног прорачуна, али је довољно илустративан за уочавање основних разлика међу концепцијама у конструктивним решењима сигурносних појасева.

Сигурносни појас са предзатезачем кога активира сензор удара је значајно боље решење од појаса без предзатезача. Међутим, ово решење је нешто лошије од предзатезача кога активира радарски сигнал, јер паљење пиротехничког пуњења почиње тек у тренутку судара.

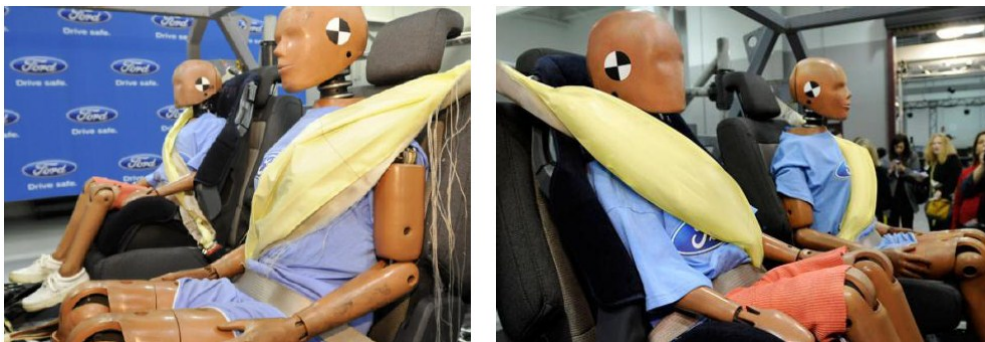
При задржавању тела у седишту спречава се удар главе у предње ветробранско стакло, код возача удар грудног коша у точак управљача, односно код путника удар грудног коша у предњу полицу.

При судару долази до потпуног или делимичног опадања кинетичке енергије возила, па у делићу секунде долази до тренутног успоравања возила или чак до заустављања, док тело путника наставља да се креће оном брзином коју је имало возило у тренутку судара. Уколико тело није везано сигурносним појасем, долази до кретања тела унапред и удара у предње ветробранско стакло и предњи део возила. Када је сигурносни појас везан, онда не долази до кретања тела унапред, него тело остаје у седишту.

Када сигурносни појас није везан током судара, не само да долази до удара тела о предњи део возила него, врло често, и до испадања тела кроз предње ветробранско стакло. У таквим случајевима долази до врло тешких повреда па чак и до смртних.

Када је сигурносни појас везан, тело се задржава у седишту, а предњи део возила преузима функцију апсорпције енергије. С обзиром да постоји и истезање сигурносног појаса, успорење које трпи тело (возача и путника) је мање од тренутног успорења возила, па мањи део енергије доспева до тела. Тело везано сигурносним појасем креће се као и возило, па нема тренутног пада брзине тела, тако да је повређивање знатно мање него код возача и путника који нису везани сигурносним појасом.

Под притиском сталне промене законске регулативе и са циљем да задовоље захтеве купаца, који све више потенцирају безбедност возила при његовој куповини, готово сви произвођачи возила непрекидно усавршавају конструктивна решења. Тако је америчка компанија Форд 2010. године лансирала нове, сигурносне појасеве са ваздушним јастуком, који функционишу на принципу тренутног пуњења дела појаса преко груди одговарајућим гасом [20, 21]. На **слици 3.42** приказане су две различите конструкције ових седишта.



Слика 3.42 Изглед појасева по новој Фордовој технологији [20]

Развој сигурносних појасева за децу се врши паралелно са развојем појасева намењених за одрасле. На **слици 3.43** су приказана два различита типа седишта и сигурносних појасева за децу.



Слика 3.43 Седишта и сигурносни појасеви за децу

3.2.3 Ваздушни јастуци

Приликом судара, ваздушни јастук има велики допринос у смањењу тежих повреда. Први ваздушни јастуци у серијској уградњи појавили су се као заштитни елементи возила седамдесетих година двадесетог века. Од тада су технологије које се користе у производњи и уградњи ваздушних јастука напредовале тако да се у садашње време у неке путничке аутомобиле, као стандардна опрема, уграђује и по десет ових уређаја. Недостатак ваздушних јастука је у томе што се након једне употребе више не могу употребљавати. Значи, мора се поново уградити јастук са свим елементима. Ваздушни јастуци не могу се уграђивати у возила која су у експлоатацији, односно у већ регистрована возила.

Уз помоћ специјално уграђених сензора, при судару, ваздушни јастук (или јастуци) импулсивно се избацују из главчине управљача (за возача) или табле испред сувозача (за сувозача). Од тренутка судара до потпуног надувавања јастука, протекне око 30 хиљадитих делова секунде. Возач и путник налећу на јастуке који тренутно испуштају гас који није штетан (ваздух, азот, аргон), па на тај начин ваздушни јастуци, прилично меко прихватају тело возача и путника.

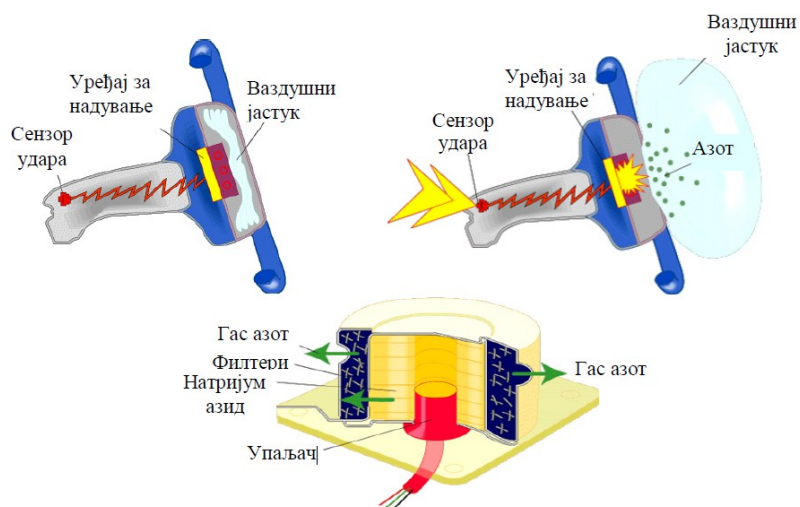
Јастук у облику балона сложи се и угради у точак управљача и у инструмент таблу. Сам јастук се прави од најлона (полиамида) који је спакован тако да се брзо,

лако и прецизно развије. Спакован је у челично кућиште, са предње стране прекривено танком заштитном пластиком. Приликом незгоде са брзином већом од 16 km/h, сензори осетљиви на нагла успорења активирају вентил на суду са сабијеним гасом који у кратком временском интервалу надувава јастуке.

Систем за механичко активирање ваздушног јастука поседује инерцијални сензор који померањем у случају судара активира систем за испуњавање ваздушног јастука гасом. Сензор и гасни систем су практично једна јединица и смештени су у точку управљача возила. Активирање електричним путем иде преко компјутера који прима сигнале са сензора судара. Уколико се детектује судар, компјутер активира ваздушни јастук. У нормалним условима систем се активира преко акумулаторске батерије возила. Уколико је батерија ослабљена или оштећена, посебан уређај чува довољан напон за активирање ваздушног јастука. Ова варијанта је повољнија јер сензор не мора да се смешта близу ваздушног јастука, већ се обично лоцира испод предњих седишта возила.

Главни контролни микро-процесор система ваздушних јастука управља и системом за само-дијагностику. Овај систем се аутоматски укључује сваки пут кад се возило покрене. Контролна лампица се пали заједно са осталим индикаторима на контролној табли возила. Ако индикатор остане упаљен или се упали за време вожње, могуће је да постоје неке неисправности у функционисању система ваздушних јастука.

Често примењена концепција јесте принцип „експлозије“, када се балон пуни гасом услед нагле експанзије (слика 3.44). Обично се уграђују два сензора удара на деловима на страни судара. На пример, за предње ваздушне јастуке смештене у точку управљача и у инструмент табли у зони испред сувозача, сензор може бити уграђен у бранику и на преградном зиду између моторског и простора за путнике. Електрични импулс пали упаљач за надувавање, тако да се ослобађа азот у гасовитом стању, који у времену од 30ms до 50 ms испуни ваздушни јастук и тако омогући амортизовање удара људског тела. Да би сигурно дочекао и заштитио путнике, ваздушни јастук остаје потпуно напуњен око 0,5s, а након тога се празни (видети слику 3.44 лево и десно) [1, 22].



Слика 3.44 Принцип рада ваздушног јастука [22]

При активирању ваздушног јастука, појављује се прасак јачине од 140 dB до 160 dB. При брзини судара од 50 km/h, уз помоћ ваздушних јастука постижу се успорења главе од 45g, а прса возача и до 30g. Запремина ваздушних јастука креће се од 60 l до 280 l. Просечна брзина пуњења јастука износи око 350 l/s [22].

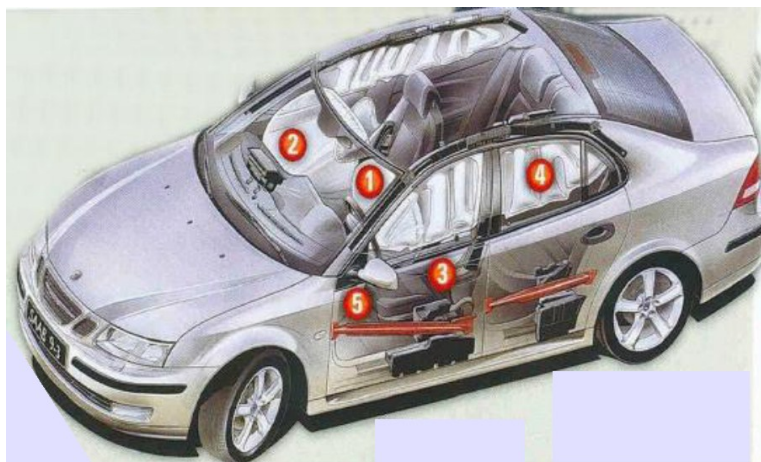
Снимањима која су обављена током креш тестова, утврђено је да се, у току судара, тело слободног (невезаног) возача, тада креће напред и навише, а затим долази до удара коленима и доњим делом ногу у инструмент таблу. Руке се постављају у одбрамбени положај, долази до удара грудима и стомаком у точак управљача и, на крају, глава удара у ветробранско стакло. Путник до возача (сувозач), најчешће удара грудима у инструмент таблу, а главом удара у ветробранско стакло. Применом ваздушних јастука значајно се смањују последице услед оваквих кретања.

Заштитно дејство ваздушних јастука је вишеструко, и то:

- током прве фазе судара, јастук спречава заношење главе унапред (услед наглог успоравања возила), дакле сврха његове уградње је да се онемогући оштећење вратних пршљенова;
- ваздушни јастук спречава нагле ударе главе или грудног коша у точак управљача, у ветробран, или у инструмент таблу;
- применом ваздушних јастука, омогућује се повољна расподела задржавајућих сила, чиме се спречава повређивање, понекад чак и од сигурносних појасева. Уз помоћ ваздушних јастука, апсорбује се чак и до 90% кинетичке енергије путника у чеоном судару [1, 22].

На основу места уградње, може се рећи да постоји пет врста ваздушних јастука (слика 3.45) [1]:

1. ваздушни јастук за возача, који се налази у централном делу точка управљача (овај јастук је симетричног облика како би заштитио возача у сваком положају управљача);
2. ваздушни јастук за сувозача има највећу запремину од свих ваздушних јастука, тако да може заштитити сувозача и када он не седи у идеалном положају;
3. бочни ваздушни јастуци спречавају ударац тела у облоге каросерије приликом бочног судара, а смештени су у вратима, или чешће, у наслонима седишта;
4. ваздушне завесе су смештене у бочним деловима облоге крова аутомобила и приликом удара штите главу путника од ударца и поломљеног стакла;
5. ваздушни јастук за колена се налази у доњем делу инструмент табле и штити ноге путника.



Слика 3.45 Врсте ваздушних јастука према месту уградње [1]

Возачев и сувозачев ваздушни јастук имају највећи допринос у смањењу тежих повреда при чеоном судару (слика 3.46).



Слика 3.46 Возачев и сувозачев ваздушни јастук [23]

С обзиром да су, према доступним подацима, 30% саобраћајних незгода бочни судари и да око 25% тежих телесних повреда при незгодама потиче од бочних судара, произвођачи возила су развили систем бочне заштите. Овај систем има задатак да у случају бочног судара заштити тело возача.

Постоје две верзије решења бочних ваздушних јастука у зависности од места уградње. Прва верзија има ваздушни јастук уграђен у каросерију аутомобила, односно у врата или стуб. Повољнија верзија је кад се систем за бочну заштиту монтира у сам наслон седишта. Овај систем има механичко активирање са временом развијања од 4 ms до 6 ms, тачније време које протекне од момента судара до потпуног формирања система бочне заштите износи свега 12 ms. При судару, овај систем апсорбује енергију и спроводи је ка задњем и доњем делу возила штитећи тако путнике и возача.

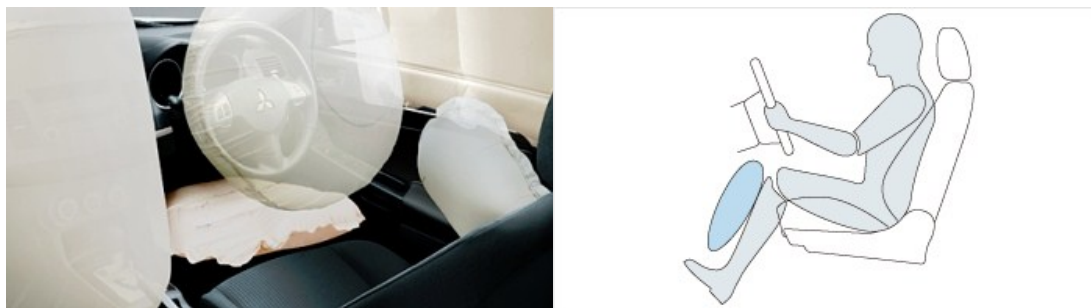
У последње време уведен је и посебан систем за заштиту главе. Наиме, утврђено је да велики број повреда главе потиче од трзаја приликом судара. Зато је, поред наслона за главу, уведен и бочни ваздушни јастук за главу. Овај систем се обично поставља тако да се развија паралелно са стаклом у вратима возача и сувозача, тако да

штити главу од стакла и предмета који могу да доведу до повреде. Ваздушни јастук задржава облик у трајању од око 7 s тако да може да пружи адекватну заштиту чак и ако се возило преврне неколико пута. Веома је битно да растојање између главе возача или сувозача и бочног ваздушног јастука за главу буде што је могуће мање, јер се на тај начин смањује могућност повређивања (слика 3.47) [14].



Слика 3.47 Активирање бочних ваздушних јастука

Важну компоненту система ваздушних јастука чини и специјални ваздушни јастук за заштиту колена (слика 3.48). Јастук се уграђује у доњи део инструмент табле возила и има задатак да задржи тело при клизању на доле у случају судара, као и да заштити колена. У том случају глава и грудни кош возача и сувозача добијају одговарајућу заштиту од система ваздушних јастука.



Слика 3.48 Положај ваздушног јастука за заштиту колена [24]

Треба нагласити да ваздушни јастук није у стању да штити од последица наредних удара, или од последица превртања која дуже трају. Осим код путничких возила, ваздушни јастуци су данас практично стандардна опрема и у аутомобилима за превоз терета.

Нису сви људи једнако грађени, па се и ваздушни јастуци развијају како би пружили адекватан ниво сигурности у зависности од особина путника. Технолошка решења омогућавају препознавање различитих висина и тежина путника, јесу ли везани сигурносним појасом и да ли седе у неуобичајеном положају, па се тек онда активирају.

Напредак технологије омогућава стварање интегрисаних „паметних“ система пасивне заштите, какав је на пример, Фордов Интелигентни заштитни систем *IPS*

(*Intelligent Protection System*). IPS укључује предње ваздушне јастуке најновије технологије и нови ваздушни јастук за колена возача, као и бочне ваздушне јастуке за предња седишта и бочне ваздушне завесе дуж преграде изнад врата које штите путнике и напред и позади. Унапређен је и систем заштите од повреда врата.

У комбинацији са појасевима са везом у три тачке, побољшаним затезачима и граничницима оптерећења, седиштима која спречавају клизање унапред и хоризонтално и склопивим вратилом управљача, ове функције пружају путницима високо квалитетан и свеобухватан сигурносни систем.

Нови ваздушни јастук за колена возача пружа неколико предности:

- смањен покрет возача - Покретање карлице при судару је ограничено, тако да се повећава растојање између грудног коша и волана. Ово умањује снагу ударца у случају судара;
- смањено оптерећење при судару - Ваздушни јастук за колена помаже да се равномерно распореди оптерећење силе ударца по телу како би се умањила максимална оптерећења као и ризик од повреде свих делова тела. Ваздушни јастук пружа већу заштиту својом дубином, брзо активирање, ранију интеракцију са возачем и побољшано распоређивање оптерећења;
- више простора - Уз додатни ваздушни јастук за колена, Фордови дизајнери су успели да уклоне неке елементе из простора око возача и тиме ослободили простор за већи комфор возача уз истовремено побољшање сигурности возача;
- интелигентан редослед активирања - Оно што систем заштите возача чини толико ефикасним је чињеница да се ваздушни јастук за колена, предњи ваздушни јастук, затезачи и граничници оптерећења активирају у врло интелигентно осмишљеној секвенци, тако да све сигурносне компоненте раде у међусобном складу. Покрет тела возача се ограничава у тренутку када се оба ваздушна јастука активирају да заштите колена и главу [24].

Суштинска карактеристика најновијих заштитних система јесте да су интегрисани и да се могу активирати пре судара, односно у моменту када постоји извесност да ће доћи до судара. Таква ситуација се компјутерски утврђује зависно од брзине кретања возила и растојања од баријере. Компјутер се налази на возилу и онда активира специфичне јединице за појасеве сигурности, за предзатезаче, за ваздушне јастуке и др. На тај начин се добија на времену и врши се синхронизовано активирање заштитних система.

Ваздушни јастук за пешаке

Неки аутомобили имају уграђене ваздушне јастуке за пешаке, што је нова прекретница безбедносних система у возилима. Систем се заснива на седам сензора, напредној технологији и ваздушном јастуку који се активира муњевитом брзином, у подручју ветробрана. Сензори уграђени у предњи део возила шаљу сигнале контролној јединици, а када аутомобил оствари контакт с одређеним објектом, долази до промене сигнала. У том тренутку контролна јединица процењује добијени сигнал и, у случају да утврди да је објекат заправо нога пешака, активира ваздушни јастук, **слика 3.49**.



Слика 3.49 Ваздушни јастук за пешаке фирме Аутолив [25]

Шарке поклопца мотора су опремљене пиротехничким механизмом, који у случају активације система ослобађа задњи део поклопца мотора. Истовремено, ваздушни јастук почиње да се пуни гасом и надувавањем подиже поклопац мотора 10 cm. Остварени размак између поклопца мотора и тврдих компоненти у моторном делу ствара простор за деформисање поклопца мотора, чиме се ствара учинак амортизовања, односно поклопац мотора „прихвата“ пешака, **слика 3.50**.



Слика 3.50 Ваздушни јастук за пешака на возилу Volvo V40

У надуваном положају, ваздушни јастук прекрива читав доњи део ветробранског стакла, односно две трећине ветробранског стакла и носача крова. Читав процес активације система и надувавања јастука траје тек неколико стотих делова секунде. Систем ваздушног јастука за пешаке је активан при брзинама између 20 km/h и 50 km/h, а готово 75% свих незгода са пешацима догађа се при брзинама до 40 km/h [1, 25].

Значај ваздушних јастука

Као елемент унутрашње безбедности путника, ваздушни јастуци су саставни део серијске опреме већине возила. Од оних најосновнијих – за возача и сувозача, лепеза места уграђивања је код савремених возила проширена на сва места која су се анализама различитих незгода показала да су критична. Увођење ваздушних јастука

смањило је број погинулих у саобраћајним незгодама за пуних 20%. Међутим, неправилна употреба ваздушних јастука може бити опасна по живот [1].

Америчка агенција *NHTSA* процењује да је у току 2009. преко 28000 људи остало живо захваљујући централним ваздушним јастуцима, од којих је 82% било возача, а 18% сувозача, 40% је било везано сигурносним појасом, а 60% није користило сигурносни појас. У чеоним сударима, централни ваздушни јастук смањује број смртних случајева возача за 29%, а за 32% код сувозача старијих од 13 година. Ризик од смртог исхода већи је код возача који не користе сигурносни појас (34%), за разлику од возача који користе сигурносни појас (21%). *NHTSA* процењује да комбинација ваздушног јастука са сигурносним појасом у 3 тачке смањује ризик смртности путника за 61%, упоређењу са само 50% приликом коришћења само сигурносног појаса у чеоном судару.

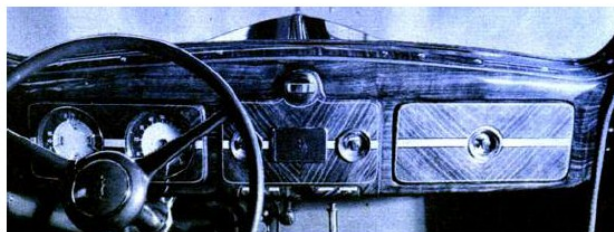
Поред многобројних предности, ваздушни јастуци имају и низ недостатака. Статистике говоре да у случају правилног коришћења појаса, ваздушни јастук смањује смртност мушкараца за 11%, али женама повећава могућност од повреда за 9%, а тај број у случају деце је критичних 21% (односи се на предње ваздушне јастуке). Разлога је више, а можда је главни тај што је ваздушни јастук пројектован за мушкарце висине између 175 cm и 180 cm и тежине од 80 kg до 85 kg, па одступања од тих димензија доводе и до одступања у резултатима деловања. Брзина ваздушног јастука при отварању прелази 370 km/h и у случају удара од тело путника, сила износи преко 550 N.

3.3 Делови унутрашњости возила у функцији пасивне безбедности

Значај делова унутрашњости возила за спречавање повреда путника при сударима, наглим кочењима или маневрима, уочен је још пре више деценија. Још 1937. године, Крајслер (*Chrysler*), Плимут (*Plymouth*), Десото (*DeSoto*) и Доџ (*Dodge*) су лансирали равне и глатке инструмент табле, увучене контролне инструменте, заобљене рукохвате на страницама врата и заобљене наслоне предњих седишта да би се обезбедила заштита за путнике на задњим седиштима (слика 3.51).



а) Заобљена седишта и рукохвати



б) Уравњена инструмент табла

Слика 3.51 Елементи унутрашњости на моделу Крајслер из 1937. године [26]

3.3.1 Површине и ивице унутрашњости возила

Техничке карактеристике елемената унутрашњости аутомобила умногоме су одређене интерним стандардима произвођача, али и међународним прописима.

Према Правилнику ЕСЕ R21, доња ивица инструмент табле треба да је заобљена полупречником не мањим од 19 mm. Прекидачи, ручице и слични елементи направљени од чврстих материјала треба да имају површину попречног пресека од најмање 2 cm² и заобљене ивице са полупречником кривине не мањим од 2,5 mm. Ако су ове компоненте више од 9,5 mm изнад површине инструмент табле, треба да су конструисане тако да могу да издрже подужну хоризонталну силу од 37,8 N [27].

Бројна су ограничења која упућују конструкторе да бирају материјале мање тврдоће за облоге у унутрашњости возила, како би се обезбедила апсорпција евентуалних удара. Исто тако, и функционисање команди је уређено или међународним прописима или интерним стандардима и техничким условима произвођача. Тако је, на пример, за електрично подизање стакала лимитирана сила при којој се стакло мора зауставити ако се делује на његову горњу ивицу, а предвиђен је и застој у подизању на растојању од 2 cm од тачке потпуног затварања и сл.

Осим што морају задовољити услове функционалности, материјали од којих су урађени делови возила не смеју бити опасни по здравље људи, а такође, морају бити самогасиви. То значи, уколико у неком случају дође до паљења дела урађеног од прописаног материјала, исти се мора угасити у предвиђеном временском року, а што се све проверава пре почетка серијске производње.

3.3.2 Сигурносна стакла

Може се поставити питање да ли сигурносна стакла припадају спољашности или унутрашњости аутомобила, будући да су тачно на „граници“. У овом раду је респектована чињеница да услед пуцања стакала може доћи до озбиљних повреда путника у унутрашњости возила, па је ова проблематика разматрана у овом поглављу.

Стакла уграђена на аутомобилу називају се „сигурносна стакла“ због тога што су конструисана тако да приликом незгоде и њиховог ломљења уопште не дође до озбиљних повреда особа у возилу или да се барем минимизирају неизбежне повреде. У том смислу је међународним прописима утврђено које захтеве морају испунити стакла да би могла бити уграђена на возило. Сигурносна стакла подлежу Правилнику ЕСЕ R43 [28].

На **слици 3.52** приказана су стакла која се уграђују на путнички аутомобил. То су: ветробранско стакло, стакло врата, задње стакло, задње бочно непокретно стакло и кровно стакло. Зависно од концепције аутомобила, на њему се могу наћи само прва три наведена стакла или и друга. Ветробранско стакло се данас обавезно израђује од слојевитог (ламинарног) сигурносног стакла, док се за остала користе или каљено сигурносно или слојевито сигурносно стакло.



Слика 3.52 Сигурносна стакла на аутомобилу

Сигурносно слојевито стакло је састављено од две плоче и једне фолије од поливинил-бутирала (*Polyvinyl Butyral - PVB*) између плоча, спојених под дејством притиска и топлоте у аутоклаву. У случају лома сигурносног слојевитог стакла, фолија држи комадиће стакла и на тај начин спречава повређивање возача и путника у возилу (слика 3.53).



Слика 3.53 Слојевито сигурносно стакло после удара

За израду слојевитог сигурносног ветробранског стакла најчешће се користе плоче дебљине 2 + 2 mm, 3 + 3 mm и 3 + 4 mm.

Каљено стакло (слика 3.54) је сигурносно стакло које се добија термичком обрадом равног или ливеног стакла. Стакло пролази кроз фазу припреме (резање, бушење, брушење и прање), а затим кроз поступак каљења. Поступак каљења састоји се у томе што се стакло загрева до температуре омекшавања (813 K - 833 K), а затим нагло хлади. На тај начин, у стаклу долази до стварања равномерно распоређених напона, који повећавају отпорност стакла на савијање са 40 N/mm² на 147 N/mm², отпорност стакла на удар са 1,2 mN на 5,9 mN и отпорност на топлотни удар до 503 K. Под дејством врло јаког удара, напонска равнотежа каљеног стакла се ремети и стакло прска у ситне комаде. Ситни фрагменти, међусобно лабаво повезани, не могу да нанесу озбиљне повреде, тако да каљено стакло спада у групу сигурносних стакала.

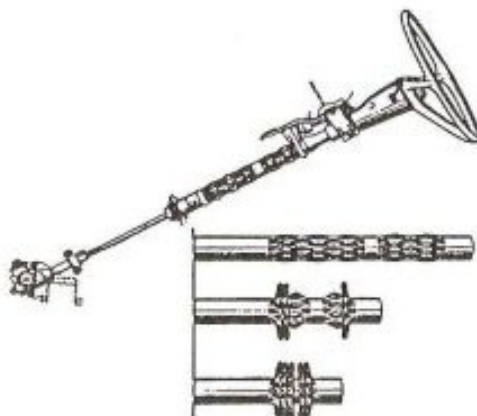


Слика 3.54 Каљено сигурносно стакло након ломљења

3.3.3 Точак и стуб управљача

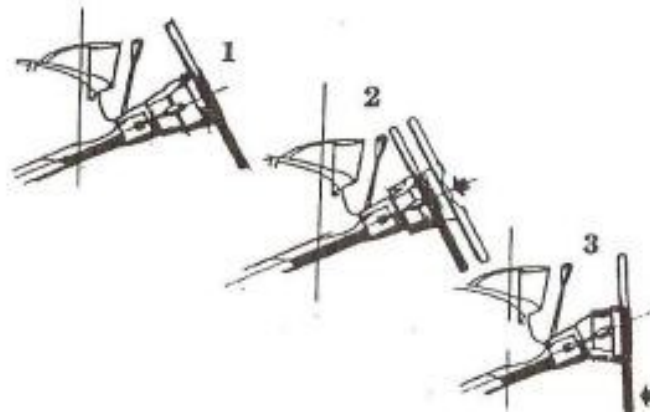
Исправност управљачког механизма система за управљање возила је готово најважнија за безбедност возила. При судару, односно удару у непокретну препреку, точак управљача представља велику опасност за возача, нарочито ако возач није заштићен неким системом за задржавање. Управљач изазива тешке повреде грудног коша и унутрашњих меких ткива. Према статистичким подацима, точак управљача повређује грудни кош у 45,6% случајева, стомак у 23,6% случајева и главу возача у 17,3% случајева, од укупног броја повреда које се услед незгоде десе на тим деловима тела [1].

Извођење точка управљача приказано на **слици 3.55**, има перфорирану цев стуба управљача која може да пренесе момент, али је релативно слаба на притисак. Група завртњева која остварује везу управљача са каросеријом је тако пројектована да при одређеној аксијалној сили завртњеви „попуштају“, цев се набира и на тај начин се смањује притисак управљача на грудни кош возача. Слика показује стуб управљача у недеформисаној и деформисаној конфигурацији. Види се да на средини стуба постоји сегмент који није перфориран, како би се спречило извијање стуба, **слика 3.55**.



Слика 3.55 Перфорирана цев стуба управљача

На слици 3.56 су приказани могући деформациони ходови точка управљача под дејством силе у правцу осе стуба управљача (положај 2) и хоризонталне силе у најнижој зони точка управљача (положај 3). Приказани правци деловања сила и одговарајућа деформациона померања представљају и садржај прописа пасивне безбедности. Код малих возила је јако битно да се неким од еластичних или померљивих елемената обезбеди одговарајуће померање стуба и точка управљача ка преградном зиду возила. Такође је важно и остварити широке површине главчине и паока точка управљача.



Слика 3.56 Безбедносно повлачење точка управљача

3.3.4 Ножне команде

Приликом судара може се десити да се возач додатно повреди услед контакта са педалама гаса, кочнице и спојнице. Да до тога не дође, у возила новије генерације се уграђује систем који педале помера у страну помоћу одговарајућег полужног механизма и самим тим се повећава безбедност возача [29].



Слика 3.57 Педале које се померају приликом судара [29]

3.3.5 Облоге путничког простора

Ради повећања степена безбедности путника, данас се безбедносни стубови за заштиту од превртања (*roll bar*) облажу пластиком и сунђерима дебљине од 30 cm до 60 cm (**слика 3.58**) како би се ублажиле последице повреда главе возача или сувозача при саобраћајној незгоди [25].



Слика 3.58 Облоге кабине возила [25]

3.4 Делови спољашњости возила

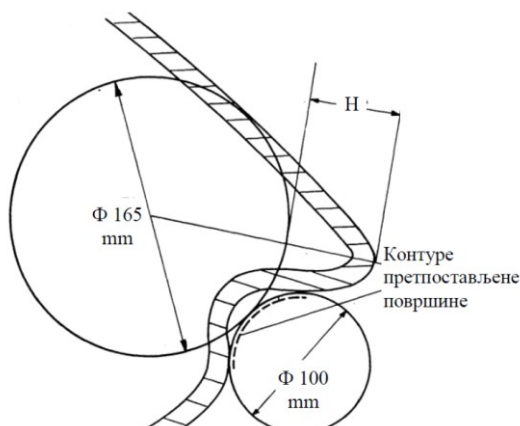
За безбедност пешака при удару у спољашњи део возила, важни су: правилно обликовање каросерије возила са аспекта налетања на пешака (облик и висина могуће ударне тачке), деформационо понашање каросерије и контактних површина и облик, димензије и положај браника. Из наведених разлога, граничне вредности појединих димензија спољашњих делова утврђене су међународним прописима. У првом реду, ови лимити се односе на ивице које морају да буду заобљене, на делове који су издигнути изнад површине каросерије, на размаке између решетака и др.

3.4.1 Површине и ивице спољашности возила

Као пример таквих ограничења, наводи се илустрација из Директиве Европске Уније 74/483/ЕЕС (која је била на снази до 2014. године), **слика 3.59**. Висина Н, која представља пројекцију избочине, графички се одређује тангирањем периферије круга пречника 165 mm и тангирањем спољне контуре избочине на спољној површини на делу који се проверава. Висина Н је растојање између две наведене тангенте.

Максимална вредност удаљености (Н), мерено дуж праве која пролази кроз центар круга пречника 165 mm, између обима поменутог круга и спољашње контуре избочине. У случајевима где није могуће да кугла пречника 100 mm контактира споља део контуре на спољној површини у зони која се проверава, сматраће се да је површина контуре у овој области формирана по кружници пречника 100 mm, између њених тангентних тачака са спољашње стране [30].

Према истој Директиви, радијуси ивица на бранику не смеју бити мањи од 5 mm, а радијуси ивица осталих делова спољашњости не смеју бити испод 2,5 mm.

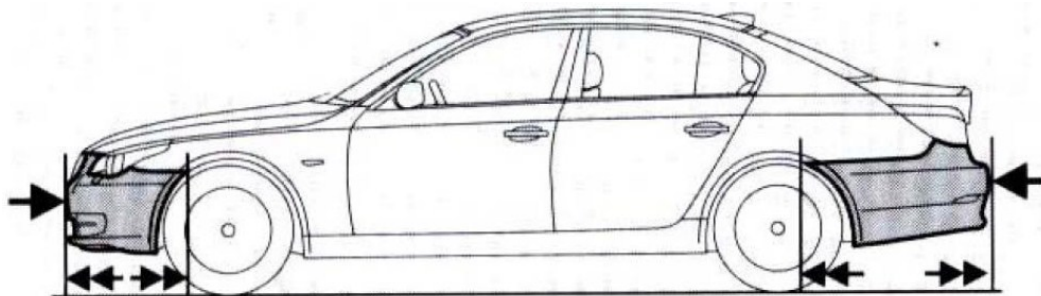


Слика 3.59 Пример провера контуре спољашности према Директиви 74/483/ЕЕС [30]

Сви делови спољашњости возила, такође морају бити изведени тако да не изазову или умање повреде при контакту возила и пешака. На пример, према Директиви 74/483/ЕЕС, сваки украс постављен на возило, чија висина у односу на површину на коју је постављен прелази 10 mm мора се одвојити или „увући“ под дејством силе од 10 daN. Уколико су додати украси мањи од 5 mm дебљине, они морају имати заобљене ивице радијусом од најмање 5 mm.

3.4.2 Браници

Са аспекта удара возила у чврсту препреку при паркирању, конструкцијом, димензијама браника и њиховом еластичношћу постиже се да не дође до великог оштећења возила. Према Правилнику ЕСЕ R42, није дозвољена деформација ни било какво оштећење браника при удару брзинама мањим од 4 km/h. Браници морају да буду димензионисани тако да својом деформацијом смање или не дозволе деформацију каросерије, при брзинама до 15 km/h (видети **слику 3.60**) [31].



Слика 3.60 Апсорбовање енергије деформацијом браника

Сагласно Правилнику ЕСЕ R42, браници се тестирају на уздужни удар и на удар у углове овог склопа. На тај начин се симулирају веома честе ситуације приликом маневрисања возилом на паркинг просторима и другим површинама.

При конструкцији делова за које се зна да треба да имају заштитну, тј. безбедносну улогу, треба прибегавати решењима код којих је апсорбована енергија већа, односно који су у већем степену деформабилни – пластични. Тиме се при истој почетној кинетичкој енергији возила постиже мањи ударни импулс у тачки удара, што значи и мање последице удара. Већом пластичношћу се смањује агресивност возила у односу на пешака.

Осим постизањем одговарајућег деформационог померања, заштита пешака и осталих учесника у саобраћају постиже се и пројектованим кинематским померањем браника по уздужној оси возила. У овом случају ослонци браника (тачке везе са чеоном структуром) нису круте везе, већ су то одговарајући амортизери. У свету постоји веома велики број решења браника који, како конструктивним обликом тако и избором материјала, обезбеђују своју двоструку улогу:

- заштиту других учесника у саобраћају, првенствено пешака као најугроженије категорије,
- функција спољашње безбедности и
- посаде возила, што је у функцији унутрашње безбедности.

Браници са еластичним, хидрауличним или пнеуматским ослонцима апсорбују већу енергију. У првим извођењима експерименталних безбедних возила, уграђивани су браници који су постављени на хидрауличне одбојне амортизере, причвршћене на оквиру – шасији.

3.5 Остали елементи пасивне безбедности

3.5.1 Заштита од пожара

Заштита од пожара је важан елемент пасивне безбедности и обухвата целокупан систем за напајање горивом у моторном возилу. Заштита од пожара дефинисана је међународним прописима и то: Правилником ЕСЕ R34 и Директивом Европске уније 70/221/ЕЕС. У наставку је дат само кратак приказ појединих захтева које мора да задовољи резервоар за гориво.

Резервоари за гориво морају да буду тако израђени да су отпорни на корозију. Они морају да задовоље тестове цурења горива под притиском који је једнак двоструком радном притиску, али у сваком случају под притиском не мањим од 1,3 bar. Свако прекорачење радног притиска мора бити аутоматски компензовано одговарајућим уређајима (сигурносни вентили, итд.). Отвори за одушак морају бити пројектовани тако да се спречи било какав ризик од пожара. Гориво не сме да истекне преко поклопца резервоара горива или вентила сигурности, осим под условом да компензује вишак притиска и то чак ако је резервоар потпуно преврнут. У таквој ситуацији толерише се само капање.

Резервоари за гориво треба да буду заштићени од последица удара у предњи и задњи крај возила и у њиховој близини не сме бити истурених делова, делова са оштрим ивицама и сл.

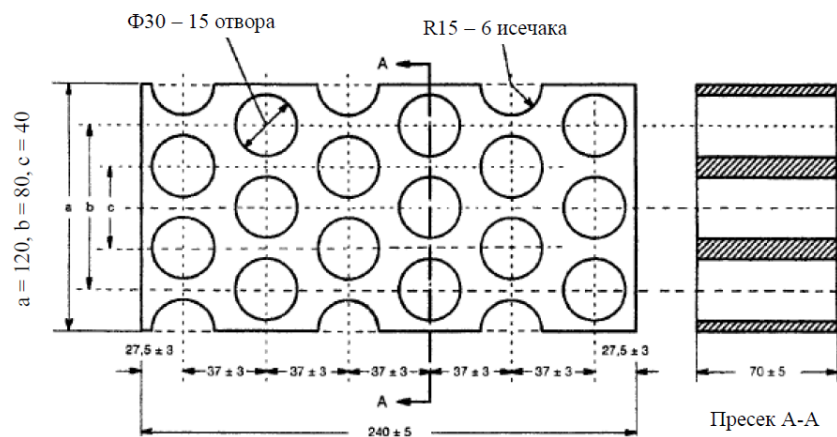
Тестирање резервоара на изложеност пламену је једна од обавезних метода испитивања при верификацији. Резервоар мора бити постављен тако да симулира стварну инсталацију на возилу. Треба узети у обзир делове возила који штите резервоар, његову додатну опрему, компоненте инсталиране на резервоару и сл. Сви отвори морају бити затворени током теста, али систем за одушак мора остати функционалан. Непосредно пре теста резервоар мора бити испуњен са одговарајућим горивом до 50 % његовог капацитета. Пламен коме је изложен резервоар мора бити добијен сагоревањем горива за комерцијалну употребу и то у одговарајућој посуди. Количина горива у посуди треба да буде довољна да обезбеди пламен током читавог поступка испитивања. Димензије посуде треба да буду такве да прелазе хоризонталну пројекцију резервоара најмање 20 cm, али не више од 50 cm. Бочни зидови посуде не смеју да буду виши од 8 cm изнад нивоа горива на почетку теста.

Посуда испуњена са горивом мора бити постављена испод резервоара на такав начин да растојање између нивоа горива у посуди и на дну резервоара одговара пројектованој висини резервоара изнад површине пута на неоптерећеном возилу.

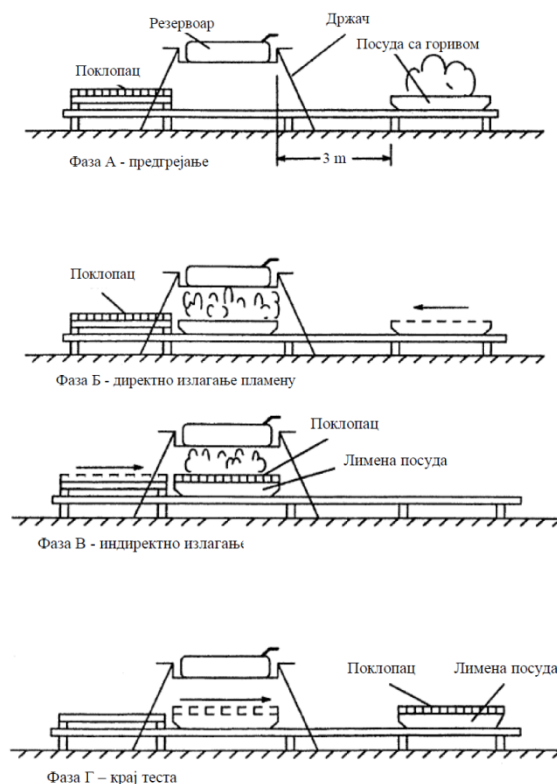
Током фазе В теста, посуда мора бити покривена поклопцем који је 2 cm +/- 1 cm изнад нивоа горива. Поклопац мора бити направљен од ватросталног материјала, и урађен са отворима како је прописано (**слика 3.61** и **слика 3.62**). Када се тестови обављају на отвореном ваздуху, мора се обезбедити довољна заштита од ветра. Брзина ветра не сме прећи 2,5 km/h. Пре теста поклопац мора да се загреје до 308 K +/- 5 K. Тест мора да садржи четири фазе [32]:

- фаза А (пред-грејање): Гориво у посуди мора бити запаљено на удаљености од најмање 3 m од резервоара. Након 60 секунди пред-грејања, посуда мора бити стављена под резервоар. (**слика 3.62 а**)
- фаза Б (индиректно излагање пламену): Резервоар мора бити изложен пламену из запаљеног горива у посуди у трајању од 60 с. (**слика 3.62 б**)
- фаза В (индиректно излагање пламену): Чим је фаза Б завршена, мора бити постављен поклопац између посуде и резервоара. Резервоар мора да буде изложен овом смањеном пламену још 60°C. (**слика 3.62 в**)
- фаза Г (крај теста): Посуда прекривена поклопцем мора се вратити назад, у положај фазе А. Ако на крају теста резервоар гори, пожар се мора одмах угасити (**слика 3.62 г**).

Резултати теста ће се сматрати задовољавајућим уколико нема цурења горива из резервоара [32].



Слика 3.61 Ватростални (керамички) поклопац посуде за сагоревање [32]



Слика 3.62 Фазе тестирања резервоара за гориво на пламен [32]

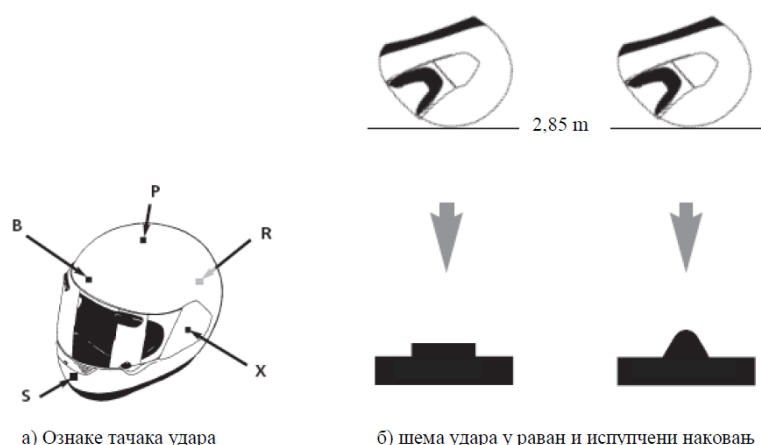
3.5.2 Кациге за лица на возилима са два точка

Возач и путник мотоцикла, mopеда, трицикла и четвороцикла, морају за време вожње носити на глави закопчану хомологовану заштитну кацигу, на начин прописан декларацијом произвођача кациге. Кациге морају да задовоље захтеве Правилника ECER22, што значи да заштитне кациге и њихови визери, морају бити хомологовани према једнообразним техничким условима [33].

Заштитна кацига мора бити млађа од 5 година у односу на датум производње, ако је датум производње уписан на спољној страни кациге, односно мора бити у складу са роком трајања коју је прописао произвођач.

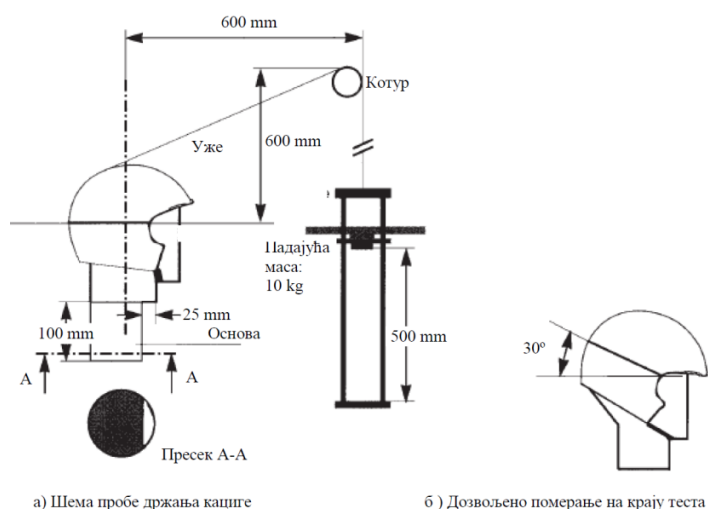
Заштитна кацига се не сме користити после саобраћајне незгоде у којој су настала видљива оштећења, ако има видљива оштећења, односно након што је испунила своју заштитну функцију при паду са мотоцикла.

На **слици 3.63** приказани су неки од услова за тестирање кациге. Кацига се тестира тако што се симулира удар у више тачака њене површине (означено на **слици 3.63 а**). Удари се симулирају одвојено за сваку тачку посебно и то удари у равну површину и удари у испупчену површину (**слика 3.63 б**). Кацига пада дефинисаном брзином са одређене висине и удара у „наковањ“, који је у једном случају раван, а у другом тесту избочен. Правилником су дефинисане дозвољене деформације кациге у зони удара и то укупне и трајне.



Слика 3.63 Тест кациге на апсорпцију удара

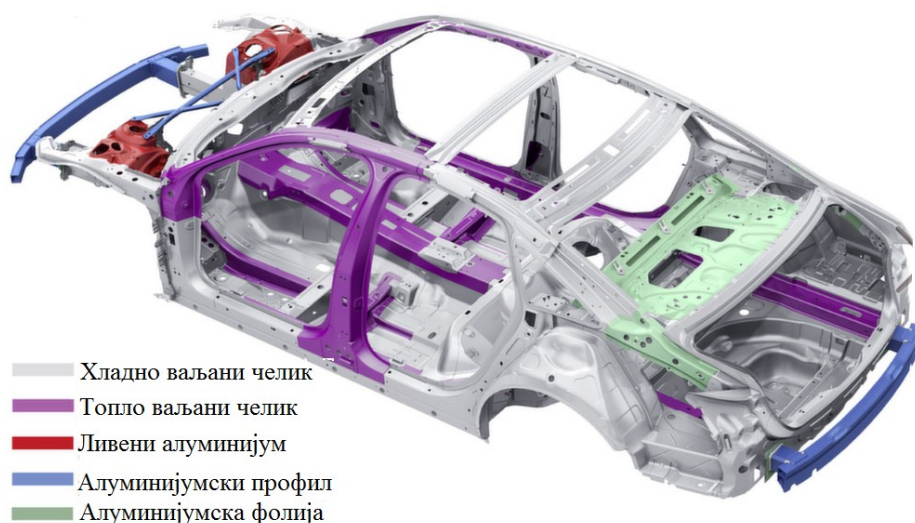
Правилником ЕСЕ R22 је предвиђена и проба кациге на држање, односно провера способности овог заштитног елемента да се задржи и не спадне са главе корисника. На **слици 3.64** приказана је провера овог својства. Како се са шеме дате на **слици 3.64 а**) види, кацига постављена у дефинисани положај излаже се повлачењу које се изводи челичним ужетом на чијем се крају налази падајући тег од 10 kg. Након теста, кацига мора да остане у границама дозвољеног померања (30°, видети **слику 3.64 б**).



Слика 3.64 Тестирање кациге на држање

4. Савремени системи пасивне безбедности - пример аутомобила Ауди А6

Посматран модел возила Ауди А6 (*Audi A6 4.0 TDI Sportline 4x2 LHD*) из 2018. је високо рангиран са аспекта пасивне безбедности [34]. Каросерија посматраног модела је осмишљена тако да својом геометријом преусмерава силе удара у делове који су деформабилни, како би иста трансформисала што већи део кинетичке енергије у деформациони рад. На **слици 4.1** приказана је каросерија посматраног модела. Различитим бојама су означени коришћени материјали при конструкцији исте.



Слика 4.1 Каросерија возила Ауди А6 [35]

Свака врста материјала елемената каросерије је изабрана на основу спроведених експеримената и нумеричких симулација удара, а у складу са економским и технолошким могућностима. Елементи су постављени тако да се систем ослањања возила заједно са мотором и мењачем при удару подвлаче под путнички простор како би исти остао неугрожен.

Возило поседује ваздушне јастуке, како за заштиту при фронталном тако и за заштиту при бочном удару (**слика 4.2**) [34].



Слика 4.2 Ваздушни јастуци возила Ауди А6 [35]

Од ваздушних јастука, возило Ауди А6 поседује: два фронтална (за возача и сувозача), бочне за заштиту главе (предње и задње), бочне за груди (предње) и бочне за заштиту карлице (предње). Не поседује ваздушне јастуке за колена.

Осим ваздушних јастука, елементи за ограничавање кретања тела при судару који се налазе унутар возила су седишта са активним наслонима за главу и сигурносни појасеви са предзатезачима [34, 37].

Са развојем електронике, развијен је велики број сензора који возило нових генерација чине још безбеднијим. Посматрано возило Ауди А6 садржи сензоре који су у стању да детектују пешака, бициклисту или друго возило у непосредној близини и да, у комбинацији са осталим деловима система аутоматског кочења **AEB** (енг. *Automatic Emergency Brake system*), изврше кочење до заустављања (по потреби). Систем за задржавање аутомобила унутар једне саобраћајне траке **LAS** (*engl. Lane Assist System*) је такође саставни део система пасивне безбедности овог возила [34, 36].

Према *Euro NCAP* програму, извршена су испитивања система пасивне безбедности. Сва испитивања су укратко приказана на видео снимку расположивом на [38]. На **слици 4.3** приказани су сегменти *Euro NCAP* програмом дефинисаних испитивања, односно креш тестова.



Слика 4.3 Креш тестови возила марке Ауди А6

На видео снимку [38] може се видети понашање возила и путника при тестирањима система пасивне безбедности. Резултати спроведених тестова заједно са оценама су јавно доступни [34] и приказани на **сликама 4.4** и **4.5**.

Ниво заштите путника се оцењује на основу прописаних правила, односно на основу резултата које показује мерна опрема постављена на манекене (лутке) које oponaшају људе просечних габарита и маса. На **слици 3.18** приказан је начин оцењивања нивоа заштите према бојама. На пример, зелена боја представља део тела

који је добро заштићен, док су наранџастом бојом означени делови тела који су у граничној регији заштите, итд.



Слика 4.4 Резултати експерименталних испитивања при бочном (лево) и задњем удару (десно)

Са **слике 4.4** (лево), где су посматране лутке при бочном удару возила у друго возило чија је кинетичка енергија дефинисана правилником тестирања, односно недеформабилни стуб [34], закључак је да су путници знатно рањивији при удару у недеформабилни стуб. То је оправдано, јер при деформисању каросерије током судара са другим аутомобилом, део кинетичке енергије се претвара у деформациони рад како једног тако и другог возила, док се при удару у стуб целокупна кинетичка енергија предаје удареном возилу. Са **слике 4.4** (десно), може се закључити да је регион врата путника при удару у задњи део возила добро заштићен са активним наслоном за главу.

На **слици 4.5** су приказани резултати експерименталних испитивања нивоа заштите при чеоном удару.



Слика 4.5 Резултати експерименталних испитивања при чеоном удару [34]

Браник је осмишљен тако да при удару пешака у што већој мери допринесе безбедности ногу пешака, односно да нанесе што мању штету пешацима. При удару пешака (бициклисте) у хаубу, активира се систем апсорпције истог (активни поклопац мотора) [34]. На **слици 4.6** су приказане регије по степену безбедности (као на **слици 4.4**) пада пешака на хаубу.



Слика 4.6 Резултати експерименталних испитивања при удару пешака у хаубу

5. Закључак

Према доступним подацима, проценат саобраћајних незгода за које је „кривац“ возило свакако је једноцифрен (подаци често варирају и не могу се сматрати поузданим, али нигде не прелазе 5%). Међутим, пет процената од око милион смртно настрадалих је педесет хиљада. Јасно је да се ради о великом броју људских живота. Број повређених није могуће тачно утврдити, али је сигурно да би без развоја пасивне безбедности возила, број страдалих био драматично већи.

Законска регулатива, нарочито међународни прописи који се односе на пасивну безбедност аутомобила, непрекидно се модификују са тенденцијом даљег поопштравања. Овакви трендови су последица све већег броја аутомобила у саобраћају, унапређења свести о потреби заштите људских живота и развоја науке и технологије.

Анализе урађене у овом завршном раду указују да ће сви елементи пасивне безбедности на возилу у наредном периоду бити даље иновирани и унапређивани у погледу сигурности. Развој технологије иде у прилог даљем побољшању пасивне безбедности, јер се иновације из других области аплицирају на возилима, као што се добра решења на аутомобилима примењују и код других производа.

Неки од примера савремених система пасивне безбедности данас се могу наћи возилима произвођача *Mercedes*, *Volvo*, *BMW*, *Audi* и *Jaguar*. Њихови системи пасивне безбедности обухватају, између осталог, и ваздушне јастуке унутар појасева, ваздушне јастуке за пешаке и слично, али су ово ценовно високо позиционирана возила.

Свакако, временом, системи заштите постају јефтинији и доступнији код новопроизведених возила, а да се при том њихова цена драстично не увећава. Ово може илустровати пример уградње ваздушних јастука. Осамдесетих година прошлог века били су доступни само на возилима високе класе. Око 2000. године, уграђују се за возача и сувозача и у возилима ниже класе (класа А и Б возила), док су данас доступни системи јастука, ваздушних завеса за посаду, ваздушних јастука за колена и слично и код ценовно јефтинијих возила.

Литература

- [1] Ђорђевић М., *Друмска моторна возила*, Висока техничка школа струковних студија, Крагујевац, 2011.
- [2] Тодоровић, Ј., *Значај техничке регулативе за безбедност саобраћаја*, Стручни скуп о коришћењу тахографа, Саобраћајни факултет, Београд, 2003.
- [3] Morello L., Rossini L. R., Pia G., Tonoli, A., *The Automotive Body -Volume I: Components Design*, Springer Science + Business Media B. V., 2011
- [4] Стефановић, А.: „Друмска возила – Основи конструкције“, Центар за моторе и моторна возила Машинског факултета у Нишу, Центар за безбедност саобраћаја Машинског факултета у Крагујевцу, Ниш, 2010.
- [5] The Old Car Manual Project: “1940. Dodge Brochure”, доступно на: http://oldcarbrochures.com/static/NA/Dodge/1940_Dodge/1940_Dodge_Brochure/1940%20Dodge-09-10.html, приступљено 25.03.2018.
- [6] Hirsch J., *Automotive Trends in Aluminum –The European Perspective*, Proceedings of the 9th International Conference on Aluminium Alloys, Institute of Materials Engineering Australasia Ltd, Brisbane, Australia, 2-5 August 2004
- [7] Kalenski, N., “Euro Car Body Award for the Audi Q5”, *Automobiles Review*, 2008, расположиво на: <https://www.automobilesreview.com/auto-news/euro-car-body-award-for-the-audi-q5/7479/>, приступљено 28.03.2018.
- [8] Haug, E., Scharnhorst, T., DuBois, P., *FEM-Crash, Berechnungeines Fahrzeugaufpralls*, VDI - Tagung Berechnungim Automobilbau (VDI - Berichte 613), pp. 479-505, 1986
- [9] EEVC – European Enhanced Vehicle – Safety Committee, *EEVC Report to ECDG Enterprise Regarding the Revision of the Frontal and Side Impact Directives*, January 2000, London, 2000
- [10] Wright, R.: *Civic White Body*, илустрација доступна на Интернет адреси: <https://www.flickr.com/photos/35744360@N08/3593670395/>, преузето: 28.03.2018.
- [11] *2001 Ford Explorer Diagram Front Door*, илустрација доступна на Интернет адреси: <http://i.fixya.net/uploads/images/8f872c6.gif>, приступљено: 28.03.2018.
- [12] Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE), *Regulation No. 11: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to door latches and door retention components*, 2010
- [13] Volvo Car Corporation, *The all-new Volvo V40*, доступно на: <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/photos/42311/2348206974>, приступљено 18.04.2018.
- [14] Грубиша, М., *Опрема мотора и возила*, Крагујевац, 2012.
- [15] Станојковић, Д., Поповић, К., *Системи активне и пасивне безбедности на модерном аутомобилу по избору - семинарски рад*, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2012.
- [16] Morello L., Rossini L. R., Pia, G., Tonoli A., *The Automotive Body – Volume II: System Design*, Springer Dordrecht, Heidelberg, London, New York, 2011

- [17] National Highway Traffic Safety Administration, *FMVSS No. 202 - Head Restraints for Passenger Vehicles*, 2000
- [18] Јанковић А., Симић Д., *Безбедност аутомобила, DSP - mehatronic*, Крагујевац, 1996.
- [19] Iovanescu N., Iovanescu S.A., *Considerations on present solutions for passive safety systems of motor vehicles*, Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, ISSN 1584 – 2673, Tome IX, Fascicule 3, p.161-168, 2011
- [20] Ursu, A: *Ford launches first seat belt with air bag*, Automotorblog: Daily news on cars and motorcycles, доступно на: <http://www.automotorblog.com/ford-launches-first-seat-belt-with-airbag-2027.html>, приступљено 22.05.2018.
- [21] Cunningham, W, *Testing Ford's inflatable seat belt*, CNET: Roadshow, доступно на: <https://www.cnet.com/roadshow/news/testing-fords-inflatable-seatbelt/>, приступљено 24.05.2018.
- [22] Brain, M.: *How Airbags Work*: доступно на: <https://auto.howstuffworks.com/car-driving-safety/safety-regulatory-devices/airbag1.htm>, приступљено 22.05.2018.
- [23] Mercedes Benz, *Passive safety systems*, брошура доступна на: www.mbusa.com/vcm/MB/DigitalAssets/pdfmb/brochures/MB_Safety_Passive_18.pdf приступљено 06.05.2018.
- [24] Kato K., Fukaya Y., Muramatsu M., Fujimoto H., *Development of Driver Side SRS Knee Airbag*, Technical Review, No.19, Mitsubishi Motors, 2007
- [25] Živanović, B., *Sistem pasivne bezbednosti na vozilu*, Seminarski rad, Visoka tehnička škola strukovnih studija Kragujevac, Kragujevac, 2013.
- [26] The Old Car Manual Project: “1937 Chrysler Brochure”, доступно на: http://www.oldcarbrochures.com/static/NA/Chrysler_and_Imperial/1937_Chrysler/1937_Chrysler_Brochure/1937%20Chrysler-18.html
http://www.oldcarbrochures.com/static/NA/Chrysler_and_Imperial/1937Chrysler/1937Chrysler_Brochure/1937_Chrysler-08-09.html, приступљено 29.06.2018.
- [27] UN/ECE, *ECE Regulation No. 21 Rev.2 Amend.2 – Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to their internal fittings*, 2003
- [28] UN/ECE, *ECE Regulation No.43 Rev.3 - Uniform provisions concerning the approval of safety glazing materials and their installation on vehicles*, 2012
- [29] SEAT, S.A., *Safety pedals – Car Terms*, доступно на: <https://www.seat.com/car-terms/s/safety-pedals.html> , приступљено 01.08.2018.
- [30] The Council of the European Communities, *Directive 74/483/EEC*, Official Journal of the European Communities, L 266/4, 1974
- [31] UN/ECE, *ECE Regulation No. 42 Amend.1 – Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to their front and rear protective devices (bumpers, etc.)*, 2007
- [32] UN/ECE, *ECE Regulation No. 34 Rev 3. – Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the prevention of fire risks*, 2015
- [33] UN/ECE, *ECE Regulation No. 22 Rev.4 Amend.2 – Uniform provisions concerning the approval of protective helmets and their visors for drivers and passengers of motor cycles and mopeds*, 2012

- [34] Euro NCAP, *Test Results for Audi A6 40 TDI Sprotline 4x2 LHD, September 2018*, доступно на: <https://www.euroncap.com/en/results/audi/a6/33445>, приступљено 25.09.2018
- [35] Caricos - Bringing You The Best of Automotive Industry, *2019 Audi A6*, сет илустрација доступан на: https://www.caricos.com/cars/a/audi/2019_audi_a6/#13, приступљено 24.09.2018.
- [36] Matthews, A., *Active and passive automotive safety systems*, доступно на: <https://automotive.electronicsspecifier.com/safety/active-and-passive-automotive-safety-systems>, приступљено 24.09.2018.
- [37] Panait, M., *2019 Audi A6 Rated Five Stars Overall By Euro NCAP*, доступно на: <https://www.autoevolution.com/news/2019-audi-a6-rated-five-stars-overall-by-euro-ncap-128737.html>, приступљено 24.09.2018.
- [38] *Euro NCAP Crash Test of Audi Audi A6 2019*, видео снимак, доступно на: <https://www.youtube.com/watch?v=nE0GPRWhRXw>, приступљено 24.09.2018.